



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental**

**Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental**

**REGINALDO CAMPOLINO JAQUES**

**QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA NO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS E  
SUA POTENCIALIDADE PARA APROVEITAMENTO EM EDIFICAÇÕES**

**Dissertação apresentada à Universidade Federal  
de Santa Catarina, como requisito parcial para  
obtenção do Título de Mestre em Engenharia  
Ambiental.**

**Orientador: Prof. Flávio Rubens Lapolli, Dr.**

**FLORIANÓPOLIS, SC - BRASIL**

**MARÇO / 2005**

**Qualidade da Água de Chuva no Município de Florianópolis e sua Potencialidade  
para Aproveitamento em Edificações**

**REGINALDO CAMPOLINO JAQUES**

Dissertação apresentada ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

na Área de Tecnologias de Saneamento Ambiental

Aprovado por:

---

Prof. Antônio Edésio Jungles, Dr.

---

Prof. Masato Kobiyama, Dr.

---

Prof. Henry Xavier Courseuil, Dr.  
(Coordenador)

---

Prof. Flávio Rubens Lapolli, Dr.  
(Orientador)

**FLORIANÓPOLIS, SC – BRASIL**

**MARÇO/2005**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me fortificado no cumprimento dessa jornada e colocado no meu caminho pessoas especiais que me auxiliaram nessa conquista.

À bióloga Leda Freitas Ribeiro pelo incentivo, apoio, amizade e orientação junto a CASAN.

Ao professor Dr. Flávio Rubens Lapolli pela confiança, paciência e orientação junto a UFSC.

Aos meus pais Campolino e Gertrudes pela vida e a minha irmã Raquel pelo apoio.

Aos meus melhores amigos Cláudia, Marcelo e Gilvany, que sempre torceram por mim.

A Antônio Odilon Macedo, grande mestre e incentivador do conhecimento científico e inovação tecnológica.

A Plínio Thomaz, Masato Kobiyama, Jack M. Sickermann e Simone May, antecessores do estudo de água de chuva no Brasil, pela troca de informações.

Aos engenheiros Valmir Humberto Piacentini e Osmar Silvério Ribeiro, respectivamente Diretor de Expansão e Diretor de Operações da CASAN por disponibilizarem a estrutura da empresa.

As técnicas de laboratório da CASAN Terezinha dos Santos, Edimar Elza Vieira Soares e Sônia Maria Ramos, pela participação nesse trabalho de pesquisa

A Rachel Rieke, Roberta Maas, Kelly Matos, Alexandre Phillipi, José Carlos Rauen, Vânia Tavares, Mari Silva, Michele Aguiar e Walter Zabotti pelos diálogos sobre o tema.

Aos colegas da Gerência de Projetos e da Gerência de Operações da CASAN pelo companheirismo e apoio técnico.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	vi
LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS .....	x
RESUMO .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
1 INTRODUÇÃO .....	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos .....	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
3.1 A importância da água .....	17
3.2 Ciclo da água na natureza .....	18
3.3 Precipitações .....	21
3.3.1 Tipos de chuva.....	21
3.3.2 Grandezas Características das Chuvas .....	22
3.4 Pluviometria em Santa Catarina.....	22
3.4.1 Pluviometria em Florianópolis .....	23
3.5 Aproveitamento da água de chuva .....	25
3.5.1 Histórico .....	25
3.5.2 Dias atuais .....	26
3.5.3 Legislação.....	32
3.6 Qualidade de água de chuva.....	33
3.6.1 Chuva ácida .....	35
3.6.2 Qualidade da água de chuva nas cidades.....	36
3.6.3 Padrões de potabilidade.....	38
3.6.4 Parâmetros de Qualidade de Água para o Consumo Humano.....	40
3.6.5 Consumo de água .....	43
4 MATERIAIS E MÉTODOS .....	46
4.1 Pontos de Coleta.....	46
4.1.1 Coleta Direta.....	47
4.1.2 Coleta após passagem pelos telhados de cimento amianto e cerâmico .....	47
4.1.3 Coleta em reservatório inferior - cisterna .....	49
4.2 Data das coletas.....	50
4.3 Parâmetros analisados .....	53
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	56
5.1 Análises Físico-Químicas .....	58
5.1.1 pH .....	58
5.1.2 Alcalinidade.....	59
5.1.3 Condutividade.....	60
5.1.4 Cloretos.....	61
5.1.5 Cor e turbidez .....	62

5.1.6	Dureza.....	64
5.1.7	DBO e DQO .....	65
5.1.8	Nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato .....	66
5.1.9	Cálcio e magnésio.....	67
5.1.10	Alumínio .....	68
5.1.11	Ferro .....	68
5.1.12	Sólidos em suspensão (SS) e Sólidos Sedimentáveis (SSd) .....	68
5.1.13	Ortofosfato e fósforo total .....	68
5.1.14	Gás carbônico livre .....	68
5.1.15	Oxigênio consumido em H <sup>+</sup> .....	69
5.1.16	Fluoreto .....	69
5.1.17	Odor.....	69
5.2	Análises Bacteriológicas .....	69
5.2.1	Coliformes fecais.....	69
5.3	Avaliação Global da Qualidade da Água de Chuva.....	70
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	72
6.1	Conclusões .....	72
6.2	Recomendações.....	73
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
8	ANEXOS.....	79

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. O CICLO DA ÁGUA NA NATUREZA.....	20
FIGURA 2. PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL DE FLORIANÓPOLIS DURANTE O PERÍODO DE 1961 A 1990.....	23
FIGURA 3. CONSTRUÇÃO DE CISTERNA NO SEMI-ÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO .....	28
FIGURA 4. EQUIPAMENTO PARA RETIRADA DA ÁGUA DE CHUVA QUE LAVA O TELHADO .....	30
FIGURA 5. SISTEMA DE COLETA DE ÁGUA DE CHUVA: CISTERNA DE PLÁSTICO .....	30
FIGURA 6. BOMBA PRESSURISADORA DE ÁGUA DE CHUVA, FILTROS E SISTEMA DE DESINFECÇÃO ULTRAVIOLETA.....	31
FIGURA 7. VÁLVULA DE RETENÇÃO PARA PREVENÇÃO DO RETORNO DA ÁGUA DE CHUVA .....	31
FIGURA 8. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA NO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS .....	46
FIGURA 9. DISPOSITIVO UTILIZADO NA COLETA DIRETA .....	47
FIGURA 10. RESIDÊNCIA DE TELHADO CERÂMICO ONDE FOI REALIZADA A COLETA DAS AMOSTRAS .....	48
FIGURA 11. RESIDÊNCIA DE TELHADO DE AMIANTO ONDE FOI REALIZADA A COLETA DAS AMOSTRAS .....	48
FIGURA 12. PRIMAVERA TENNIS .....	49
FIGURA 13. RESERVATÓRIOS INFERIORES (CISTERNAS) .....	50
FIGURA 14. EVOLUÇÃO DO pH NAS AMOSTRAS COLETADAS APÓS PASSAREM PELOS TELHADOS .....	59

FIGURA 15. EVOLUÇÃO DA ALCALINIDADE NAS AMOSTRAS COLETADAS APÓS PASSAREM PELOS TELHADOS .....	60
FIGURA 16. EVOLUÇÃO DA CONDUTIVIDADE NAS AMOSTRAS COLETADAS APÓS PASSAREM PELOS TELHADOS .....	61
FIGURA 17. EVOLUÇÃO DOS CLORETOS NAS AMOSTRAS COLETADAS APÓS PASSAREM PELOS TELHADOS .....	62
FIGURA 18. EVOLUÇÃO DA COR NAS AMOSTRAS COLETADAS APÓS PASSAREM PELOS TELHADOS .....	63
FIGURA 19. EVOLUÇÃO DA TURBIDEZ NAS AMOSTRAS COLETADAS APÓS PASSAREM PELOS TELHADOS .....	64
FIGURA 20. ÁGUA DE CHUVA (DA ESQUERDA PARA A DIREITA): TELHADO DE AMIANTO A 0, 10, 30, 60 MINUTOS E SEM A INTERFERÊNCIA DO TELHADO, COLETADAS EM 31/10/2004 .....	64
FIGURA 21. EVOLUÇÃO DA DUREZA NOS DOIS TIPOS DE TELHADOS .....	65
FIGURA 22. EVOLUÇÃO DA DBO NAS AMOSTRAS COLETADAS APÓS PASSAREM PELOS TELHADOS .....	66
FIGURA 23. EVOLUÇÃO DO NITROGÊNIO AMONÍACAL NAS AMOSTRAS COLETADAS APÓS PASSAREM PELOS TELHADOS .....	67
FIGURA 24. EVOLUÇÃO DOS COLIFORMES FECAIS NAS AMOSTRAS COLETADAS APÓS PASSAREM PELOS TELHADOS .....	70

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1. DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NA TERRA .....	20
TABELA 2. PRECIPITAÇÃO ANUAL EM ALGUNS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SANTA CATARINA .....	24
TABELA 3. QUALIDADE DE ÁGUA DE CHUVA PARA CINGAPURA .....	37
TABELA 4. COMPOSIÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA NA BACIA AMAZÔNICA .....	37
TABELA 5. TIPOS DE TRATAMENTO DE ACORDO COM A UTILIZAÇÃO DA ÁGUA .....	38
TABELA 6. UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE ACORDO COM A ÁREA UTILIZADA PARA COLETA .....	38
TABELA 7. PADRÕES DE POTABILIDADE DA ÁGUA .....	39
TABELA 8. CONSUMO DE ÁGUA PARA ALGUMAS ATIVIDADES DIÁRIAS DO SER HUMANO .....	44
TABELA 9. CONSUMO DE ÁGUA POR DIFERENTES FORMAS DE USO .....	44
TABELA 10. CONSUMO DE ÁGUA POR DIFERENTES FORMAS DE USO .....	45
TABELA 11. DISTRIBUIÇÃO CONSUMO DE ÁGUA EM APARTAMENTO DA USP .....	45
TABELA 12. RESULTADOS DAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICOS .....	57
TABELA 13. pH – MÉDIA E DESVIO PADRÃO .....	58
TABELA 14. ALCALINIDADE – MÉDIA E DESVIO PADRÃO .....	60
TABELA 15. CONDUTIVIDADE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) – MÉDIA E DESVIO PADRÃO .....	61
TABELA 16. CLORETOS ( $\text{mg}/\text{L}$ ) – MÉDIA E DESVIO PADRÃO .....	62



TABELA 17. COR (mg PtCo/L) – MÉDIA E DESVIO .....	63
TABELA 18. TURBIDEZ (UT) – MÉDIA E DESVIO .....	63
TABELA 19. DUREZA (mg/L) – MÉDIA E DESVIO .....	65
TABELA 20. DBO (mg/L) – MÉDIA E DESVIO .....	66
TABELA 21. DQO (mg/L) – MÉDIA E DESVIO PADRÃO .....	66
TABELA 22. NITROGÊNIO AMONÍACAL (mg/L) – MÉDIA E DESVIO PADRÃO .....	67
TABELA 23. MÉDIA DOS RESULTADOS E COMPARAÇÃO COM A PORTARIA Nº. 518/2004 DO MS .....	71

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ABES	- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABCMAC	- Associação Brasileira de Manejo e Captação da Água de Chuva
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	- Agência Nacional das Águas
ASA	- Articulação no Semi-Árido Brasileiro
AWWA	- American Water Works Association
$\text{Ca}^{2+}$	- Cálcio
$\text{CaCO}_3$	- Carbonato de Cálcio
CASAN	- Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CETESB	- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
$\text{Cl}^-$	- Cloreto
CLIMERH	- Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia de Santa Catarina
$\text{CO}_2$	- Dióxido de Carbono
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPVC	- Policloreto de Vinila Clorado
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio
DIN	- Deutsches Institut für Normung eV
DQO	- Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	- Environmental Protection Agency
EPAGRI	- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
ETA	- Estação de Tratamento de Água
ETE	- Estação de tratamento de Esgoto
EUA	- Estados Unidos da América
FATMA	- Fundação de Amparo a Tecnologia e Meio Ambiente
$\text{H}^+$	- Íons Hidrogênio
HCl	- Ácido Clorídrico
$\text{HNO}_3$	- Ácido Nítrico
$\text{H}_2\text{SO}_4$	- Ácido Sulfúrico
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
$\text{K}^+$	- Potássio

Mg <sup>+</sup>	- Magnésio
MS	- Ministério da Saúde
Na <sup>+</sup>	- Sódio
NBR	- Norma Brasileira
NH <sub>3</sub>	- Amônia
NH <sub>4</sub>	- Amônio
NMP	- Número Mais Provável
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	- Nitrito
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	- Nitrato
NTU	- Unidade de Turbidez Nefelométrica
OH <sup>-</sup>	- Íons Hidróxido
ONG	- Organização Não Governamental
ONU	- Organização das Nações Unidas
OPAS	- Organização Pan-americana de Saúde
P1MC	- Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência no Semi-árido: Um Milhão de Cisternas Rurais
pH	- Potencial Hidrogênio
PNUMA	- Comitê Brasileiro do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PO <sub>4</sub>	- Fosfato
PURAE	- Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações
PVC	- Policloreto de Vinila
SO <sub>2</sub>	- Dióxido de Enxofre
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	- Sulfato
SDT	- Sólidos Dissolvidos Totais
SSF	- Sólidos Suspensos Fixos
SST	- Sólidos Suspensos Totais
SSV	- Sólidos Suspensos Voláteis
ST	- Sólidos Totais
UFSC	- Universidade Federal de Santa Catarina
USEPA	- United States Environmental Protection Agency
UT	- Unidade de Turbidez

## RESUMO

O crescimento populacional, a industrialização e o processo de urbanização têm cada vez mais contribuído com o aumento da escassez de água no Brasil e no mundo. Diante da necessidade da busca de solução que vise à garantia de um abastecimento de qualidade e em quantidade suficiente à população, a captação de água de chuva desponta como alternativa. Este trabalho foi desenvolvido, no município de Florianópolis, com o objetivo de avaliar a qualidade físico-química e bacteriológica da água de chuva e a possibilidade de sua utilização para consumo humano ou para fins não potáveis. De forma a realizar a avaliação da qualidade da água de chuva foram analisados parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, notadamente aqueles descritos na Portaria Nº. 518/04 do Ministério da Saúde. As amostragens foram feitas em quatro diferentes locais: coleta direta da chuva (P1), após passarem por dois tipos de telhados: cimento amianto (P2) e cerâmico (P3) e reservatórios inferiores - cisternas (P4). Nas amostras que passaram pelos telhados, as coletas foram realizadas a 0, 10, 30 e 60 minutos após o início da chuva. Os resultados obtidos demonstraram que os valores de cor, turbidez e coliformes fecais encontram-se acima daqueles estabelecido pela Portaria do Ministério da Saúde. A maioria dos parâmetros físico-químicos apresentou decréscimo de concentração em função do tempo. O estudo demonstrou que a água de chuva não deve ser utilizada diretamente para o consumo humano, necessitando de tratamento adequado a fim de garantir o estabelecido a Portaria Nº. 518/04 do MS. A água pode ser utilizada para irrigação de jardins, lavagem de calçadas e principalmente em descargas de vasos sanitários.

**Palavras-chave:** água de chuva, aproveitamento, qualidade de água.

## ABSTRACT

The population growth, the industrialization and urbanization have contributed to the water resources scarcity in Brazil and in the world. Due to the need to obtain a solution that guaranties a water supply in sufficient quantity and quality for consumption, rainwater collection arises as an alternative. This study, developed in Florianópolis, aims the evaluation of rainwater physico-chemical and bacteriological quality and the assessment of possibilities for human consumption and non-potable means. For the evaluation of rainwater quality, physico-chemical and bacteriological parameters have been analyzed, particularly those ones described by the Health Department Federal Law N°. 518/04. Rainwater collection was done in four different ways: direct collection (P1); after flowing through two different roofings, asbestos cement (P2) and ceramic (P3), and through inferior reservoirs (P4). The obtained results demonstrated that color, turbidity and coliform parameters had higher values than those ones established by legislation. The majority of parameters have indicated a decrease in concentration as a function of time. This study demonstrated that rainwater should not directly be used for human consumption, needing prior proper treatment, in order to comply with the cited legislation. Rainwater can be used for garden irrigation, sidewalk washing and latrine flushing.

**Keywords:** rainwater, exploitation, quality of water

## 1 INTRODUÇÃO

A água é substância essencial para a vida do homem e dos demais seres vivos que habitam nosso planeta. Apesar de  $\frac{3}{4}$  da terra estar coberta por esse líquido vital, menos de 1% encontra-se em rios, lagos e pântanos (VILLIERS, 2002), estando em condições mais favoráveis de ser captada para o consumo humano.

O crescimento populacional, os grandes aglomerados urbanos, a industrialização, a falta de consciência ambiental, através da poluição de potenciais mananciais de captação superficial, fazem com que a água torne-se a cada dia um bem mais escasso e conseqüentemente mais precioso.

A escassez da água ocorre atualmente em muitas regiões do Brasil e do mundo, proporcionando as várias comunidades à convivência diária com sua falta.

O Brasil possui cerca de 12% da água doce disponível no globo terrestre, mas a má distribuição do líquido entre as diversas regiões brasileiras faz que o problema da falta de água não esteja ainda resolvido no país (TOMAZ, 2001).

Em Santa Catarina a escassez de água acontece com mais intensidade no oeste do Estado e na região litorânea em época de veraneio, principalmente durante as festividades de Natal e o Ano Novo, quando muitos municípios têm sua população mais do que duplicada, com a vinda de turistas de várias partes do Brasil e do mundo.

Mediante esse cenário faz-se necessário ações que visem buscar alternativas para que a população das áreas atingida possa ter água de qualidade e em quantidade suficiente para desempenhar suas funções diárias.

A captação da água de chuva, forma milenar de utilização da água pelo homem, vem despontando como uma opção interessante, necessitando, porém, de estudos mais precisos para definir suas utilizações nos diversos usos que o homem faz da água.

A utilização da água de chuva advém de mais de 2.000 anos onde a população já captava a água para utilização na agricultura, para seus animais e para fins domésticos (TOMAZ, 2003).

A captação da água de chuva é uma prática muito difundida em países como a Alemanha e a Austrália, onde novos sistemas estão sendo desenvolvidos, permitindo a

captação de água de boa qualidade de maneira simples e bastante efetiva em termos de custo-benefício.

Em vista da degradação dos recursos hídricos e a conseqüente escassez da água em praticamente todo o mundo, torna-se importante o seu racionamento e gerenciamento eficaz, e uma das formas de se obter água é justamente o aproveitamento da água de chuva, ou seja, águas pluviais. A água de chuva pode ser aproveitada para uso doméstico, industrial e agrícola, entre outros, e estando em franco crescimento este tipo de utilização.

O primeiro passo é armazenar água de chuva mediante sistema de captação, utilizando calhas nos telhados, levando-a para um filtro para retirada de impurezas maiores como galhos e folhas, em seguida armazená-la em uma cisterna. Sabe-se que em alguns países já há um grande número de residências e empresas que promovem a utilização das águas pluviais como na Alemanha, cujas instalações atendem cerca de 10% delas (Instituto Brasil PNUMA - Comitê Brasileiro do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, disponível em <http://www.ultimaarcadenoe.com.br/aguaspluviais.htm>, 2004).

Podem ser citada como vantagens da utilização das águas pluviais a economia do usuário, diminuição de enchentes e diminuição da escassez. Já entre as utilizações principais estão: serviços de empresas em geral, irrigação de jardins e hortas, uso no vaso sanitário e de veículos e/ ou máquinas agrícolas.

O franco desenvolvimento da captação e utilização das águas pluviais já possibilitou inclusive a criação da Associação Brasileira de Manejo e Captação da Água de Chuva (ABMAC), que reúne equipamentos, instrumentos e serviços sobre o assunto. Portanto, o uso racional dos recursos hídricos com procedimentos como reutilização ou reúso da água, assim como a captação das águas de chuva é importante e representa um passo fundamental para evitar o caos hídrico que se anuncia.

Coletar e armazenar água de chuva para ser utilizada nas descargas de vasos sanitários, lavagem de carros e calçadas, irrigação de jardins, pode se tornar uma solução desejável para minimizar os problemas de abastecimento de água na região litorânea de Santa Catarina. Além de ir de encontro à preservação ambiental do planeta.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar a qualidade da água de chuva, sua possibilidade para consumo humano e o uso residencial em outras atividades.

### **2.2 Objetivos específicos**

Avaliar as características físico-química e bacteriológica da água de chuva coletada diretamente;

Avaliar as características físico-química e bacteriológica da água de chuva coletada após passar por telhado de cimento amianto;

Avaliar as características físico-química e bacteriológica da água de chuva coletada após passar por telhado cerâmico;

Avaliar as características físico-química e bacteriológica da água de chuva coletada em reservatórios inferiores (cisternas).



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 A importância da água

A água constitui parte integrante do organismo humano, representando cerca de 70% da sua composição, indispensável ao desempenho de funções fisiológicas fundamentais (BRANCO, 1991).

O homem necessita da água para a sua sobrevivência e a realização de diversas atividades que desempenha durante o seu dia a dia.

De acordo com VON SPERLING (1995) os principais usos da água são os seguintes:

- abastecimento doméstico;
- abastecimento industrial;
- irrigação;
- dessedentação de animais;
- preservação da flora e fauna;
- recreação e lazer;
- geração de energia elétrica;
- navegação;
- diluição de despejos.

A generosidade da natureza fazia crer em inesgotáveis mananciais, abundantes e renováveis. Hoje, o mau uso, aliado à crescente demanda pelo recurso, vem preocupando especialistas e autoridades no assunto, pelo evidente decréscimo da disponibilidade de água limpa em todo o planeta.

Recurso natural de valor econômico, estratégico e social, essencial à existência e bem estar do homem e à manutenção dos ecossistemas do planeta, a água é um bem comum a toda a humanidade.

A ONU - Organização das Nações Unidas - considera que o volume de água suficiente para a vida em comunidade e exercício das atividades humanas, sociais e econômicas, é de 2.500 metros cúbicos de água/habitante/ano. Em regiões onde a disponibilidade de

água/habitante/ano está abaixo de 1.500 metros cúbicos, a situação é considerada crítica (KELMANN, 2004).

Em algumas regiões do Nordeste do Brasil a disponibilidade de água é de 3,8 metros cúbicos de água por dia. A medida de consumo de água/habitante/dia considerada ideal para regiões de clima tropical é de duzentos litros (KELMANN, 2004).

Como os demais recursos da biosfera, a água está escassa e o seu uso racional compreende tanto a sua preservação como a conservação da quantidade e qualidade. No Brasil através da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei N.º 9.433/1997 define que a água é um bem de domínio público, constituído um recurso natural limitado, dotado de valor econômico.

### **3.2 Ciclo da água na natureza**

O movimento da água na terra é estudado pela ciência denominada Hidrologia.

Segundo a United States Federal Council citado por CHOW (1959), a Hidrologia é a ciência que trata da água na Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas, e sua reação com o meio ambiente, incluindo sua relação com as formas vivas.

O fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação da terra é chamado de ciclo hidrológico (TUCCI, 1993). Portanto o ciclo hidrológico consiste na circulação da água no planeta devido à mudança do seu estado físico.

A evaporação é responsável pela transferência dos volumes de água do estado líquido – oceanos, mares, lagos e rios – para a atmosfera. As nuvens são formadas através das águas que evaporam dos oceanos e mares, fazendo a água tornar-se ao estado líquido e precipitando sobre a terra.

O fluxo de água que evapora dos oceanos é cerca de 47.000 km<sup>3</sup>/ano maior que o fluxo que nele cai em forma de precipitação. Esse excedente indica a quantidade de água que é transferida dos oceanos para os continentes nos processos de evaporação e precipitação. A precipitação da água ocorre na forma de chuva, granizo, neve e orvalho.

A água retorna aos oceanos através do escoamento pelos leitos dos rios e pelos fluxos subterrâneos de água. Portanto, toda a água que sai dos oceanos é para ele devolvida, sob a forma de precipitação ou de fluxos de água líquida. A quantidade total de água na Terra permanece constante.

Todo esse processo está integrado com o desenvolvimento da biosfera e com o fluxo de calor e luz que vem do Sol e do interior da Terra. A forma líquida da água existe graças à temperatura adequada de nosso planeta, que é mantida em parte pela radiação solar e em parte pelo calor gerado pelas substâncias radioativas nas camadas profundas do nosso planeta. A atmosfera exerce um papel fundamental na manutenção da temperatura, através do efeito estufa. A biosfera tem grande responsabilidade nesse efeito, porque a atmosfera terrestre evoluiu para a composição atual (nitrogênio, oxigênio, vapor d'água e outros gases) graças à ação dos seres vivos durante cerca de 3,5 bilhões de anos.

Também as correntes marítimas e os regimes de ventos determinam e são determinados pelo regime de temperaturas das diversas regiões terrestres. A própria rotação da Terra é fundamental na manutenção da temperatura, não só porque evita que o lado do nosso planeta voltado para o Sol fique tórrido e o outro lado fique gelado, mas também porque tem forte influência na distribuição das correntes marítimas e dos ventos.

Finalmente, todo o processo só pode ocorrer graças à ação da gravidade terrestre, que mantém a água líquida nos reservatórios e permite a precipitação. A humanidade se insere nesse ciclo não apenas consumindo água, mas também através de sua retenção em represas, da influência nos climas regionais (que altera o regime das chuvas e da evapotranspiração), da ação na vegetação (que resulta na alteração na absorção de água pelo solo e no fluxo de água na calha dos rios, bem como na quantidade de transpiração da biosfera), da irrigação de solos secos e da poluição.

Todos esses processos - evaporação, precipitações, fluxos de rios e correntes subterrâneas, regimes de ventos, correntes marinhas, rotação da Terra, radiação solar, calor do interior da Terra, gravitação e ação humana - integram-se num processo cíclico dinâmico que se estende por todo o planeta. A Figura 1 exemplifica o ciclo da água na natureza.



Figura 1: O Ciclo da Água na Natureza

FONTE: VON SPERLING, 1995.

A água está no ar como chuva, gelo, vapor ou neblina. Está nos lagos, nas correntes, nos rios, nos mares e nas calotas polares. É a maior componente do volume das plantas e animais, incluindo os humanos. A Tabela 1 apresenta a disponibilidade de água na Terra.

Tabela 1 - Disponibilidade de Água na Terra

LOCALIZAÇÃO	VOLUME (m <sup>3</sup> )
Oceanos	$1.350 \times 10^{15}$
Geleiras	$25 \times 10^{15}$
Águas subterrâneas	$8,4 \times 10^{15}$
Rios e lagos	$0,2 \times 10^{15}$
Biosfera	$0,0006 \times 10^{15}$
Atmosfera	$0,0130 \times 10^{15}$

FONTE: PEIXOTO E OORT (1990), CITADO POR TUCCI (1993)

Analisando a Tabela 1, constata-se que cerca de 97,57% da água do planeta encontra-se nos oceanos sendo, portanto água salgada. Da parcela de água doce 74,37 % está na forma de geleiras, 24,99% é água subterrânea, 0,60 % corresponde à água presente nos rios e lagos e os 0,04% estão presentes na biosfera e atmosfera.

Apesar da atmosfera armazenar uma quantidade pequena em relação às demais reservas de água é ela responsável pela precipitação que dinamiza a circulação da água na natureza.

### 3.3 Precipitações

GARCEZ & ALVAREZ (1988) entendem por precipitações atmosféricas o conjunto de águas originárias do vapor de água atmosférico que cai em estado líquido ou sólido, sobre a superfície. A precipitação pode acontecer sob as seguintes formas:

Chuvisco - precipitação de água líquida em que o diâmetro da gota é inferior a 0,5 mm.

Chuva - precipitação de água líquida em que o diâmetro da gota é superior a 0,5 mm.

Granizo - pequenos pedaços de gelo, com um diâmetro inferior a 5 mm, que se formam a grandes altitudes e atingem a superfície.

Neve - precipitação de cristais de gelo provenientes da sublimação do vapor de água ou da congelação lenta das gotículas de água nas altas camadas da troposfera e que, em certas condições, podem aglomerar-se produzindo flocos.

#### 3.3.1 Tipos de chuva

As precipitações ocorrem pela interferência, isolada ou conjunta de fatores que dão origem aos principais tipos de chuvas:

a) Convectivas ou de convecção - chuva que resulta de um sobreaquecimento da superfície terrestre, originando a ascensão do ar, que assim arrefece e se aproxima do ponto de saturação, aumentando a umidade relativa e conseqüente condensação e precipitação. Esta chuva manifesta-se de forma intensa e é de curta duração. São típicas da região intertropical, nomeadamente equatorial, e de verão, no interior dos continentes, devido às altas temperaturas.

b) Ciclônicas ou frontais - chuva que resulta do encontro de duas massas de ar com características diferentes de temperatura e umidade. Desse encontro, a massa de ar quente sobe, o ar arrefece, aproximando-se do ponto de saturação, dando origem à formação de nuvens e conseqüente precipitação. São do tipo chuvisco à passagem de uma frente quente ou do tipo aguaceiro, à passagem da frente fria. São chuvas características das zonas de convergência, isto é, das zonas de baixas pressões e, por isso que este tipo de chuvas predomina nas regiões temperadas, principalmente no inverno.

c) Orográficas ou de relevo - chuva que resulta de uma subida forçada do ar quando, no seu trajeto, se apresenta uma elevação. O ar ao subir, arrefece, o ponto de saturação diminui, a umidade relativa aumenta e dá-se a condensação e conseqüente formação de nuvens, dando origem à precipitação. São freqüentes nas áreas de relevo acidentado ao longo das vertentes do lado de onde sopram ventos úmidos.

Os dois últimos tipos de chuvas apresentados atingem grandes áreas sendo importantes são para o estudo de grandes bacias hidrográficas.

### 3.3.2 Grandezas Características das Chuvas

TUCCI (1993) apresenta as grandezas que caracterizam uma chuva. São elas:

Altura pluviométrica (P ou r): é a espessura média da lâmina de água de chuva que recobriria a região, admitindo-se que essa água não infiltrasse, evaporasse e escoasse fora dos limites da região. Sua unidade é expressa comumente em milímetros de chuva, ou 1 litro por m<sup>2</sup> de superfície.

Duração (t): período de tempo que dura a chuva em questão.

Intensidade (i): é a relação entre a altura pluviométrica e a duração,  $i=P/t$ , expressa por mm/h ou litros/segundo/hectare.

Frequência de probabilidade e tempo de recorrência (Tr): é interpretado como o número médio de anos durante o qual se espera que a precipitação analisada seja igualada ou superada.

A precipitação sob a forma de chuvas será objeto de avaliação direta no trabalho aqui apresentado.

### 3.4 Pluviometria em Santa Catarina

A escassez de água é uma realidade em várias regiões do Estado de Santa Catarina. A elevada dependência de abastecimento de águas superficiais, a concentração da produção em áreas com baixa capacidade de retenção, principalmente o relevo acidentado e a competição com outros segmentos econômicos torna preocupante o cenário atual.

A contaminação crescente das fontes de abastecimento vem exigindo a busca de alternativas muitas vezes inviáveis economicamente.

A estiagem é um fenômeno normal, considerada como a época do ano em que o solo perde mais água do que recebe. Quando este período se prolonga não há a recarga dos aquíferos e as fontes superficiais são as primeiras a secar. A estiagem ocorrida no estado no ano de 2003 no Estado mostrou a fragilidade dos sistemas de abastecimento de água existentes e causou prejuízos significativos para a sociedade.

Uma das alternativas para reduzir os riscos de falta de água e a dependência excessiva das fontes superficiais de abastecimento, é o aproveitamento da água da chuva. No oeste catarinense, a EMBRAPA está estudando e estabelecendo critérios para a captação e aproveitamento da água da chuva na avicultura de corte devido à escassez de água resultante

da última estiagem. Segundo PERDOMO et al. (2004), a extensa superfície de telhados dos aviários e demais edificações das propriedades rurais constituem excelentes fontes de captação de água a custo baixo.

O aproveitamento de água de chuva para abastecimento público, segundo AZEVEDO NETO (1991), tem sua disponibilidade considerada da seguinte forma de acordo com a precipitação anual:

Baixa – Menor que 1000 mm;

Razoável – entre 1000 e 1500 mm;

Excelente – acima de 2000 mm.

O Estado de Santa Catarina possui índices de precipitação anual entre razoável e excelente favorecendo o uso potencial da água de chuva conforme demonstrado na Tabela 2.

#### 3.4.1 Pluviometria em Florianópolis

No município de Florianópolis as estações do ano são bem características, com outono e primavera semelhantes e com verão e inverno bem definidos (PMF, 2001).

A precipitação é bem distribuída ao longo do ano. De janeiro a março ocorrem às precipitações mais elevadas e nos meses de invernos as menores precipitações. Para o período de 1967 a 1998, a média anual foi de 1659 mm (EPAGRI, 1998). Indicando que o município possui uma boa pluviometria para o aproveitamento de água de chuva.

Na Figura 2 é apresentada a Precipitação Média mensal de Florianópolis durante o período de 1961 a 1990 segundo o INMET.

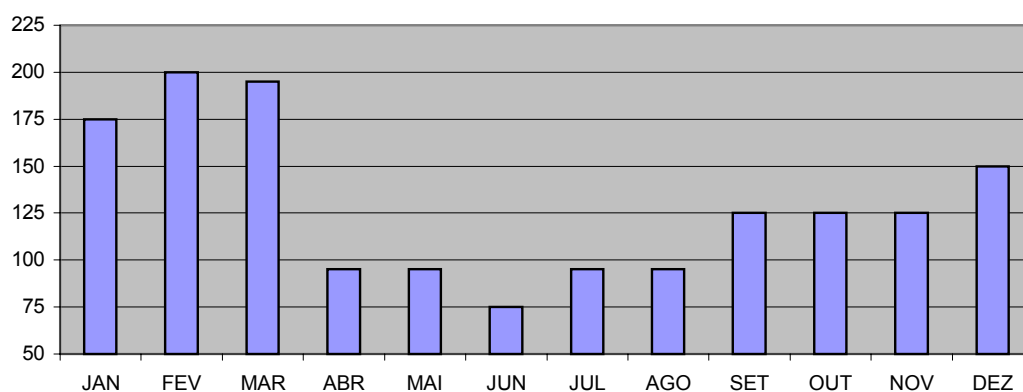


Figura 2 - Precipitação Média mensal de Florianópolis durante o período de 1961 a 1990

FONTE: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET (2004)

Tabela 2 – Precipitação Anual em Alguns Municípios do Estado de Santa Catarina

Estação	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Araranguá	128.0	133.7	123.5	91.8	66.7	83.0	74.9	103.6	138.2	109.5	88.0	78.5	1219.4
Blumenau	191.1	182.5	133.9	102.9	93.8	108.2	63.4	97.4	122.4	127.1	106.0	126.6	1456.6
Brusque	227.0	203.6	170.1	133.4	124.3	119.8	78.9	121.2	155.1	163.5	157.5	154.4	1808.8
Caçador	148.0	150.9	141.9	97.0	89.0	121.3	89.8	135.7	166.0	147.7	107.8	137.8	1533.3
Camboriú	184.4	175.0	114.6	175.4	85.2	76.4	86.5	82.8	117.2	100.9	136.3	160.3	1495.0
Campo Alegre	189.3	137.9	122.6	90.9	111.1	95.8	57.9	89.3	115.7	141.8	113.6	140.0	1404.9
Campos Novos	161.7	142.7	135.7	141.4	123.6	149.7	130.9	138.4	172.6	172.1	105.0	136.3	1710.1
Chapecó	262.5	135.0	115.4	87.3	119.2	153.5	111.7	162.6	155.2	221.4	167.3	204.6	1823.9
Curitibanos	171.0	136.3	141.1	117.4	124.4	155.9	99.0	139.6	166.5	161.9	135.0	136.7	1684.6
Herval d'Oeste	215.5	139.6	129.0	153.2	143.2	189.4	102.7	168.8	203.1	249.7	118.0	161.3	1973.5
Florianópolis	164.0	168.4	145.5	123.3	96.6	84.4	79.1	90.7	108.6	117.1	112.9	114.9	1405.5
Imbituba	138.8	75.3	123.9	53.8	113.3	125.6	63.3	136.1	114.1	151.0	72.7	66.9	1234.8
Indaial	217.7	171.0	187.2	101.1	58.7	116.9	114.5	155.4	141.8	121.5	106.9	166.7	1659.4
Irineópolis	204.6	243.0	209.1	136.5	113.0	101.5	83.8	103.8	139.0	160.0	131.5	140.2	1766.0
Itajaí	188.7	160.1	153.0	98.8	142.3	73.5	52.4	90.7	109.8	169.2	98.4	78.6	1415.5
Joinville	262.4	315.0	229.2	196.3	125.0	105.8	99.3	94.3	178.2	216.8	176.2	172.0	2170.5
Lages	147.0	318.7	118.0	98.1	87.8	96.3	89.8	129.4	143.4	141.8	99.5	118.5	1408.3
Laguna	116.8	104.4	147.9	124.5	95.7	94.6	92.4	118.9	143.8	125.6	98.2	88.7	1387.5
Orleans	183.1	225.4	147.5	97.2	86.0	79.8	83.8	134.1	139.7	127.3	102.8	123.3	1530.0
Porto União	134.7	139.8	119.1	91.2	92.4	102.1	86.3	96.9	128.4	132.3	110.2	140.0	1373.4
Queçaba	264.8	207.8	175.6	98.9	83.7	105.3	71.9	107.3	142.5	127.1	124.6	127.3	1636.8
São Francisco do Sul	251.4	284.8	235.7	150.9	126.1	93.5	75.9	96.1	138.8	154.4	127.8	139.1	1874.7
São Joaquim	155.3	158.6	127.9	100.8	83.5	116.8	107.2	172.6	189.9	140.2	98.8	109.5	1561.1
São Miguel d'Oeste	254.4	198.3	189.5	169.8	149.5	203.7	53.7	222.5	164.2	244.5	192.6	215.4	2257.9
Urubici	196.5	98.4	87.4	94.1	124.1	173.5	64.4	77.6	145.4	96.4	112.0	100.3	1370.5
Urussanga	183.6	203.7	160.1	104.1	80.1	80.4	79.0	103.3	134.8	120.5	107.1	118.2	1474.9
Xanxerê	234.3	208.9	190.9	178.2	179.8	220.5	162.9	194.5	223.2	235.8	157.2	187.1	2373.3

FONTE: ATLAS DE SANTA CATARINA (1986)



### 3.5 Aproveitamento da água de chuva

#### 3.5.1 Histórico

Apesar de parecer algo novo, a utilização da água de chuva pelo homem para a produção de alimentos, criação de animais e até mesmo consumo humano acontece há milhares de anos.

Em Istambul na Turquia, durante o governo de César Justinian (a.C. 527-565), foi construído um dos maiores reservatórios do mundo denominado de Yerebatan Sarayi, cujas dimensões eram de 140 por 70m totalizando um volume de 80.000 m<sup>3</sup> com objetivo de armazenar água da chuva. (Rainwater Harvesting and Utilisation, 2002 citado por Oliveira, 2004).

Na ilha de Creta são encontrados inúmeros reservatórios escavados em rochas anteriores a 3000 a.C. com a finalidade de aproveitamento da água da chuva para o consumo humano (Rainwater Technology Handbook, 2001 citado por TOMAZ, 2003).

No palácio de Knossos, nessa mesma Ilha, a aproximadamente 2000 a.C. era aproveitada a água de chuva para descarga em bacias sanitárias (Rainwater Technology Handbook, 2001 citado por TOMAZ, 2003).

Há 2.750 a.C, na Mesopotâmia, também se utilizavam águas de chuva (TOMAZ, 2003).

Na Europa, as vilas Romanas eram cidades projetadas prevendo a utilização da água de chuva para consumo humano e uso doméstico, anterior a 2000 a.C. (Rainwater Harvesting and Utilisation, 2002).

Pelo mundo são encontrados inúmeros reservatórios, muitos escavados em rochas com a finalidade de armazenar água de chuva para consumo humano, como por exemplo, na famosa fortaleza de Masada (Israel), na Península de Iucatã (México), em Monturque - Roma (Itália).

Na França em 1703, Philippe La Hire desenvolveu equipamentos como um filtro de areia e um reservatório que tratava e armazenava água das chuvas de Paris para uso residencial (VIDAL, 2002).

Conforme SILVA *et al.* (1988), verdadeiras obras de arte referente à captação de águas da chuva são encontradas nas regiões semi-áridas do mundo como na Ásia e no Norte da África. Estas instalações coletavam e ainda estão em atividade, captando água da chuva de telhados ou da superfície da terra e são transportadas para grandes cisternas.

No Norte do Egito, África, foram entrados recentemente tanques de 200 a 2000 m<sup>3</sup>, sendo, muitos deles, utilizados até hoje.

Segundo PIAZZA (1983) citado por OLIVEIRA (2004), essa metodologia também foi encontrada nas fortalezas construídas pelos portugueses na Ilha de Santa Catarina. No século XVIII a fortaleza construída na Ilha de Ratones que não possuía água tinha uma cisterna que armazenava água dos telhados para consumo das tropas como também para outros usos diversos.

### 3.5.2 Dias atuais

A água de chuva, como a energia solar, está disponível na maioria das regiões. Sua retenção e aproveitamento concorrem para reduzir outros problemas como as enchentes nas cidades e a ameaça de conflitos sociais pela água.

Segundo PALMIER (2001), a gestão dos recursos hídricos é tema de grande responsabilidade para os representantes do poder público, pois em muitas regiões, a demanda de água excede a quantidade disponível.

Nos últimos anos, tem-se observado o desenvolvimento de novas tecnologias referentes ao manejo de recursos hídricos. Com isso, observa-se novas expansões no uso de técnicas de aproveitamento de água de chuva, tanto em regiões onde já eram utilizadas, como em locais onde eram desconhecidas (PETRY & BOERIU, 2000 citado por MAY, 2004).

Atualmente a utilização da água de chuva acontece em vários países de diversos continentes onde, em muitos deles são oferecidos benefícios para a construção de sistemas para captação e armazenamento da água da chuva como nos Estados Unidos, Alemanha e Japão.

Ainda nesses países, por exemplo, o processo de captação da água de chuva começou visando a retenção das águas pluviais como medida preventiva no combate a enchentes urbanas. Porém no decorrer do tempo o aproveitamento da água ganhou espaço em função do risco de escassez e, também, para promover a recarga dos solos que são a principal fonte de abastecimento de água nestes países (GROUP RAINDROPS, 2002).

No Estado da Califórnia são oferecidos financiamentos para os interessados em colocar sistemas de captação e aproveitamento da água de chuva nas suas residências. Em Hamburgo tal incentivo é oferecido gratuitamente também com o objetivo de conter picos de enchente, irrigação de jardins, descarga de bacias sanitárias entre outros fins não potáveis.

No III Fórum Mundial da Água, que aconteceu ano passado na cidade de Kyoto - Japão, especialistas da ONU pediram que outros países sigam o exemplo da China. O país

construiu recentemente tanques para armazenamento da água de chuva, que fornece água potável para cerca de 15 milhões de pessoas, além de utilizar a anos a água de chuva para plantações.

Nesse mesmo evento, segundo GNADLINGER (2003) a representante da Austrália informou aos participantes que na área rural da Austrália do Sul, segundo pesquisa do governo federal, 82 % das crianças tomam água de chuva e a incidência de diarreia é ligeiramente menor nelas quando comparados com as que tomam água tratada com cloro.

Conforme a EPA nos Estados Unidos existem mais de 200 mil reservatórios para reaproveitamento de água da chuva (TOMAZ, 2003).

As áreas urbanas sofrem com a falta de água para abastecimento, em função da concentração populacional, e com as enchentes pelo fato do solo estar altamente impermeabilizado com telhados e pavimentação asfáltica. De encontro a isso, a captação da água de chuva traz diversos benefícios e vantagens para a população.

No Brasil existe o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência no Semi-árido: Um Milhão de Cisternas Rurais – P1MC. O objetivo do programa é fornecer cisternas para armazenamento da água da chuva a 1.000.000 de famílias rurais do semi-árido brasileiro, juntamente com a mobilização social e educação ambiental da população. O Programa é concebido, executado e gerido pela ASA - Articulação no Semi-Árido Brasileiro, com parcerias do governo, empresas, ONGs, etc. O P1MC abrange os estados da região Nordeste onde o clima semi-árido possui maior intensidade: Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba, Ceará e Piauí, e mais o Norte de Minas Gerais e o Nordeste do Espírito Santo. Até o momento já foram construídas 12.400 cisternas de 16.000 litros cada uma. As águas das cisternas rurais são empregadas quase que exclusivamente para usos domésticos, inclusive para cozinhar e para beber.



Figura 3: Construção de cisterna no Semi-Árido do Nordeste Brasileiro

FONTE: [HTTP://WWW.ASABRASIL.ORG.BR/BODY\\_CLIPPING13.HTM](http://www.asabrazil.org.br/body_clipping13.htm) ACESSADO EM 15/12/04.

ZAIZEN *et al.* (1999) destaca muitos benefícios da utilização da água de chuva em área urbana como a prevenção de inundações, conservação de água, restauração do ciclo hidrológico em áreas urbanas e educação ambiental.

VAES & BERLAMONT (2001), demonstram que a instalação de inúmeros sistemas de coleta de água de chuva com precipitação elevada em áreas impermeáveis previnem inundações.

O sistema de aproveitamento de água de chuva pode ser aplicado na lavagem de vasos sanitários, sistemas de ar-condicionado, sistemas de controle de incêndio, lavagem de veículos, lavagem de pisos e ainda na irrigação de jardins. Nas indústrias e estabelecimentos comerciais, a água de chuva pode ser utilizada para resfriamento de telhados e máquinas, climatização interna, lavanderia industrial, lava jatos de caminhões, carros e ônibus e limpeza industrial, entre outros.

O armazenamento da água de chuva, também em áreas urbanas, favorece a redução do consumo de água potável e a melhor distribuição da carga de água de chuva imposta ao sistema de drenagem urbana.

Segundo SOARES *et al.* (1999), a utilização da água de chuva torna-se atraente principalmente nos casos de áreas de precipitação elevada, áreas com escassez de abastecimento e áreas com alto custo de extração de água subterrânea.

Em 1996, na cidade de Portland em Oregon, EUA, foi instalado um sistema para capturar água de chuva (<http://users.easystreet.com/ersson/rainwatr.htm>, 2004).

Nesse estado americano a precipitação anual está entre 914 a 1219 mm de chuva.

Em 1998 foi recebida a aprovação da cidade para usar esta água para todo o uso doméstico.

O sistema de coleta e tratamento utilizado é apresentado nas figuras 4 a 7 e consiste nos seguintes componentes:

- Um sistema para capturar os primeiros 30 litros de água que lava o telhado. Uma vez cheio o dispositivo, o resto da água flui automaticamente para cisterna;
- Uma cisterna de plástico 5678 litros correspondente 1500 galões;
- Uma bomba para pressurizar a água para entre 20 e 30 psi (pressão é ajustável), conforme figura 6;
- Dois filtros em série com partículas no tamanho de 5 a 20 micron com cartuchos de filtro substituíveis, mostrados na figura 4;
- Tubulações plásticas (PVC ao ar livre e CPVC em recinto fechado) para conectar ao sistema de água fria;
- Equipamento ultravioleta para desinfecção, vide figura 6;
- Tela que cobre a cisterna para prevenir entrada de mosquitos e reter partículas de tamanhos maiores.
- Um tanque de armazenamento de água a ser pressurizada;
- Válvula de retenção de pressão como dispositivo de prevenção do fluxo de água de chuva no sistema público requerido pela cidade, isto não seria necessário se o sistema fosse somente de água de chuva. Porém, em Oregon acontecem verões muito secos, e a cisterna esvazia-se no mês de julho, quando ficam dependente do sistema público de água da cidade. A cidade requer inspeção anual dos dispositivos do sistema de água de chuva utilizado nas residências.



Figura 4: Equipamento para retirada da água de chuva que lava o telhado

FONTE: [HTTP://USERS.EASYSTREET.COM/ERSSON/RAINWATR.HTM](http://users.easystreet.com/ersson/rainwatr.htm) (2004)



Figura 5: Sistema de Coleta de Água de Chuva: Cisterna de Plástico

FONTE: [HTTP://USERS.EASYSTREET.COM/ERSSON/RAINWATR.HTM](http://users.easystreet.com/ersson/rainwatr.htm) (2004)





Figura 6: Bomba Pressurizadora de Água de Chuva, Filtros e Sistema de Desinfecção Ultravioleta.

FONTE: [HTTP://USERS.EASYSTREET.COM/ERSSON/RAINWATR.HTM](http://users.easystreet.com/ersson/rainwatr.htm) (2004)



Figura 7: Válvula de Retenção para Prevenção do retorno da água de chuva

FONTE: [HTTP://USERS.EASYSTREET.COM/ERSSON/RAINWATR.HTM](http://users.easystreet.com/ersson/rainwatr.htm) (2004)

### 3.5.3 Legislação

A legislação brasileira relacionada à água que atualmente está em vigor é o Código de Águas de 1934, a Lei Brasileira de Recursos Hídricos de 1997 e a lei de criação da Agência Nacional de Águas. Não temos nenhuma legislação em âmbito nacional sobre água de chuva, essencial para a população do semi-árido brasileiro e outras regiões brasileiras.

Alguns municípios brasileiros têm discutido a implantação de critérios ambientais na elaboração da legislação de suas cidades. A retenção da água de chuva, ainda pouco difundida aparece em algumas leis municipais como em Curitiba e São Paulo.

#### 3.5.3.1 Lei Nº. 10.785/2003 - Curitiba

No Município de Curitiba a lei Nº. 10.785 de 18/09/03 criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE que tem como objetivo instituir medidas visando induzir à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água. A lei municipal tratou da implantação de sistemas de captação da água de chuva em novas edificações sem o qual será negado o alvará de construção.

“Art. 7º. A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como: a) rega de jardins e hortas, b) lavagem de roupa; c) lavagem de veículos; d) lavagem de vidros, calçadas e pisos”.

“Art. 10. O não cumprimento das disposições da presente lei implica na negativa de concessão do alvará de construção, para as novas edificações”.

#### 3.5.3.2 Decreto 12.342/1978 e Lei Nº. 13.276/2002 - São Paulo

O Código Sanitário do Estado de São Paulo, Decreto 12.342 de 27/09/78 determina no artigo 12 que sistemas de água não potável não devem ser misturados ou ter interligação ao sistema público de água potável e no artigo 19 que não se pode introduzir águas pluviais na rede de esgoto.

“Art. 12 – Não será permitida:

III – a interlocução de tubulações ligadas diretamente a sistemas públicos com tubulações que tenham água proveniente de outras fontes de abastecimento”.



“Art. 19 – É expressamente proibida a introdução direta ou indireta de águas pluviais ou resultantes de drenagem nos ramais prediais de esgotos”.

A lei Nº. 13.276 de 04/01/02 torna obrigatória na Capital Paulista a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup>. A lei estabelece que a água captada deverá preferencialmente ser infiltrada no solo, podendo ser direcionada a rede de drenagem após uma hora do termino da chuva ou ainda ser utilizada para fins não potáveis. Na Cidade de São Paulo, bem como em outras cidades do estado tem como principal objetivo à captação da água de chuva é minimizar o risco de enchentes.

### 3.5.3.3 Normas Técnicas

A Associação Brasileira de Normas Técnicas tem um projeto de norma para aproveitamento de água de chuva no Brasil.

Na Alemanha existe o projeto de norma DIN 1989 destinado à captação de água de chuva. (The Rainwater Technology Handbook, 2001, citado por TOMAZ, 2004).

## 3.6 Qualidade de água de chuva

De acordo com FIGUEIREDO (2001) a água de chuva é naturalmente ácida. O gás carbônico, presente na atmosfera, solubiliza-se nas nuvens e na chuva para o ácido carbônico. O H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, ácido fraco confere a chuva um pH de 5,60, indicando que a chuva já é levemente ácida.

MILANO et al. (1989) observou valores de pH inferiores a 4,00 para água de chuva da cidade de Porto Alegre.

LISBOA et al. (1992) apresentou os resultados da água de chuva em Florianópolis, onde 43,48% das amostras classificando-as como ácidas (pH < 5,6) e 26,09% como muito ácidas (pH < 5,0). A concentração de cloretos foi de 40 mg/l.

As águas de chuva são encaradas pela legislação brasileira hoje como esgoto, pois ela usualmente vai dos telhados, e dos pisos para as bocas de lobo, carreando todo tipo de impurezas, dissolvidas, suspensas, ou simplesmente arrastadas mecanicamente, para um córrego que vai acabar dando num rio que por sua vez vai acabar suprindo uma captação para Tratamento de Água Potável. Claro que essa água sofreu um processo natural de diluição e autodepuração, ao longo de seu percurso hídrico, como dito anteriormente, nem sempre suficiente para realmente depurá-la.

Uma pesquisa da Universidade da Malásia deixou claro que após o início da chuva, somente as primeiras águas carregam ácidos, microorganismos, e outros poluentes atmosféricos, sendo que normalmente pouco tempo após a mesma já adquire características de água destilada, que pode ser coletada em reservatórios fechados.

Para utilização da água de chuva como potável a mesma deve passar pelos processos de filtração e cloração, que segundo PERDOMO (2004) pode ser feito com um equipamento barato e simples, tipo clorador EMBRAPA ou do tipo Venturi automático. A utilização é especialmente indicada para o ambiente rural, chácaras, condomínios e indústrias.

O baixo custo da água nas cidades, pelo menos para residências, desestimula qualquer aproveitamento econômico da água de chuva para uso potável. Já para indústrias, onde se utiliza grande volume de água, a água de chuva torna-se viável.

O Semi-árido nordestino tem projetos onde a competência e a persistência combatem o usual imobilismo do ser humano, com a construção de cisternas para água de beber para seus habitantes.

A importância de fazer o planejamento da utilização do sistema de aproveitamento de água de chuva para verificar a quantidade da água que poderá ser coletada e armazenada e para verificar a necessidade de seu tratamento para que esta seja devidamente armazenada, filtrada, tratada e que garanta uma qualidade compatível com os usos previstos é destacada por IWANAMI (1985).

Segundo DE MELLO (1987) de modo geral, as principais espécies químicas encontradas na chuva, em suas formas iônicas, são: sódio ( $\text{Na}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{+}$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), sendo que os seis primeiros têm como principal origem à água do mar.

O  $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono),  $\text{SO}_2$  (dióxido de enxofre – fonte original do ácido sulfúrico),  $\text{HNO}_3$  (ácido nítrico) e  $\text{NH}_3$  (amônia) estão presentes na atmosfera sob a forma de gás, são os principais controladores do pH da chuva. Se os ácidos nítrico e sulfúrico acarretam o aumento da acidez na chuva ao liberarem íons hidrogênio, a amônia contribui de forma contrária. Isto porque, para cada molécula de amônia que se hidrolisa na formação dos íons amônio ( $\text{NH}_4$ ) um íon hidrogênio é consumido (DE MELLO, 1987).

O pH da água de chuva é expresso essencialmente por duas equações de equilíbrio:



Em condições normais, a reação 3.1 predomina e fixa o pH em 5,65, sendo, portanto consideradas ácidas todas as chuvas com pH inferior a este valor (HAAG, 1985).

Segundo o químico e climatologista inglês Robert Angus Smith (HAAG 1985), a química da precipitação pluvial sofre influência da:

- distância ao oceano;
- velocidade e direção dos ventos;
- quantidade e frequência de chuva e neve;
- combustão e emissão de origem industrial;
- decomposição da matéria orgânica.

Contudo, valores de pH inferiores a 5,60 indicam, freqüentemente, que a chuva encontra-se poluída com ácidos fortes, como o gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e o ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) e eventualmente com outros tipos de ácidos como o (HCl) e os ácidos orgânicos.

A precipitação remove gases e partículas da atmosfera, através de dois processos (PASH, 1982):

Rainout – incorporação de material em gotas de nuvem que suficientemente de tamanho para se precipitar e alcançar o solo;

Washout – acontece quando o material debaixo da nuvem é levado ao solo ou fontes fluviais através da chuva ou neve.

Juntos esses dois processos são os mais importantes meios de precipitação de material ácido na superfície da terra.

### 3.6.1 Chuva ácida

O termo chuva ácida significa a precipitação de componentes ácidos comumente encontrados em chuvas, neves, neblinas ou partículas secas, cuja definição mais adequada seria “precipitação ácida” (MACEDO 2000).

As chuvas que adquirem pH inferior a 5,60 são denominadas chuvas ácidas. (SMITH, 1872 citado por HAAG 1985).

A poluição gerada pelas fábricas e carros, que queimam combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo, um pouco se precipita, depositando-se sobre o solo e árvores, e a outra parte circula na atmosfera e se mistura com o vapor de água, passando a existir o risco da chuva ácida.

Essas chuvas adquirem assim um efeito corrosivo para a maioria dos metais, calcário e outras substâncias.

Na maioria das localidades do mundo, especialmente em áreas rurais e em pequenas cidades, os níveis de poluição e contaminação da atmosfera são baixos e não atingem concentrações capazes de comprometer significativamente a qualidade da água das chuvas, que é a água natural disponível de melhor qualidade, salvo raras exceções (ANDRADE NETO, 2003).

### 3.6.2 Qualidade da água de chuva nas cidades

PORTO *et al.* (1991) salienta que a composição da chuva varia com a localização geográfica do ponto de amostragem, com as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.), com a presença ou não de vegetação e também com a presença de carga poluidora.

Os requisitos de qualidade, bem como a segurança sanitária, estão diretamente relacionados com o uso que será dado à água.

A água das chuvas é geralmente excelente para vários usos, inclusive para beber, exceto em locais com forte poluição atmosférica, densamente povoados ou industrializados.

ANDRADE NETO (2003) alerta que os metais pesados, especialmente chumbo, são potencialmente perigosos em áreas de densidade de tráfego alta ou nas redondezas de indústrias. Substâncias químicas orgânicas, como organoclorados e organofosfatados, usadas em venenos, praguicidas e herbicidas, quando em altas concentrações na atmosfera, também podem contaminar a água da chuva. Contudo, a contaminação atmosférica da água das chuvas normalmente é limitada a zonas urbanas e industriais fortemente poluídas e, mesmo nestes locais, a água de chuva quase sempre tem uma boa qualidade química (dureza, salinidade, alcalinidade, etc.) para vários usos, inclusive para diluir águas duras ou salobras.

A seguir é apresentada a qualidade da água de chuva em algumas cidades e regiões, através das Tabelas 3 e 4.

Tabela 3: Qualidade de Água de Chuva para Cingapura

Parâmetro	Água de Chuva	Água Potável
PH	4,1 (0,4)	7,0 – 7,5
Cor	8,7 (9,9)	< 5
Turbidez (NTU)	4,6 (5,7)	< 5
SST (mg/L)	9,1 (8,9)	240 – 400
SDT (mg/L)	19,5 (12,5)	-
Dureza (mg/L)	0,1 (0,3)	20 – 40
PO <sub>4</sub>	0,1 (0,6)	-
Coliformes totais (NMP/100 mL)	92,0 (97,1)	0
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	6,7 (8,9)	-

FONTE: ADHITYAN (1999)

Tabela 4: Composição da Água de Chuva na Bacia Amazônica

Elemento	Concentração média (a)	Amostra 1 (b)	Amostra (c)
Na	12,4	75,0	13,2
K	1,0	2,7	2,1
Mg	1,2	8,6	1,8
Ca	1,1	4,1	1,4
Cl	13,7	89,2	14,0
SO <sub>4</sub>	5,1	12,7	8,3
NO <sub>3</sub>	2,1	4,9	5,5
NH <sub>4</sub>	-	5,3	0,8
PH	5,0	4,7	5,0

Os valores das concentrações estão em µmoles/l.

(a) média das 33 amostras coletadas

(b) amostra coletada em área com influência marinha

(c) amostra coletada em área com influência de origem terrestre.

FONTE: STALLARD &amp; EDMOND (1981)

Próximo ao oceano, a água de chuva apresenta elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio em concentrações as encontradas na água do mar.

A água de chuva pode necessitar de tratamento para ser utilizada pelo homem conforme apresentado na tabela 5 e 6.

Tabela 5: Tipos de tratamento de acordo com a utilização da água

Utilização da água	Tratamento necessário
Rega de Jardins	Nenhum Tratamento
Aspersores de Irrigação Combate a Incêndio, Ar-condicionado	Tratamento necessário para manter o armazenamento e equipamentos em boas condições
Lago / Fonte Descarga no Vaso Sanitário Lavar roupas / Lavar carros	Tratamento higiênico é necessário devido ao possível contato humano com a água
Piscina / Banho Beber / Cozinhar	A desinfecção é necessária porque a água é ingerida direta ou indiretamente

FONTE: GROUP RAINDROPS (1995)

Tabela 6: Utilização da água de acordo com a área utilizada para coleta

Grau de Pureza	Área de coleta	Utilização
A	Telhados (locais não utilizados por pessoas e animais)	Vaso sanitário, regar plantas, e se purificadas são potáveis para o consumo.
B	Telhado (locais utilizados por pessoas e animais)	Vaso sanitário, regar plantas, outros usos, mas impróprias para consumo.
C	Jardins artificiais Estacionamentos	Tratamento necessário
D	Estradas, estradas elevadas (viadutos, ferrovias e rodovias).	

FONTE: GROUP RAINDROPS (1995)

### 3.6.3 Padrões de potabilidade

A água potável é definida como a água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde, segundo a Portaria Nº. 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde que regulamenta os padrões de potabilidade para água de consumo humano no Brasil. ([www.saude.gov.br](http://www.saude.gov.br))

A água potável deve ter sabor e odor agradáveis isto é, não objetáveis, ter baixas unidades de cor aparente e turbidez, ausência de *Escherichia coli* ou coliformes termotolerantes (em 100 ml) e não conter substâncias químicas em concentrações que possam causar mal à saúde humana.

Tabela 7: Padrões de Potabilidade da Água

Parâmetro	Unidade	Valor Máximo Permitido
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Coliformes fecais	NMP	Ausência em 100 ml
Coliformes totais	NMP	Ausência em 100 ml
Cor aparente	mg PtCo/L	15
Dureza	mg/L CaCO <sub>3</sub>	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável
Gosto	-	Não objetável
PH	-	6,0 a 9,5
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,05
Surfactantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3

FONTE: MINISTÉRIO DA SAÚDE – PORTARIA 518 DE 2004.

O CONAMA refere-se às águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e à criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana. As diretrizes do Ministério da Saúde referem-se à norma de qualidade da água para consumo humano e o USEPA refere-se à água de reuso para consumo não potável.

A NBR 9896/03 apresenta o glossário de poluição das águas trazendo as seguintes definições para os tipos de águas:

Água de Chuva – Água proveniente da precipitação atmosférica, resultante da condensação do vapor d'água, em consequência do seu resfriamento, ao ponto de saturação, e devido a causas diversas. O mesmo que água meteórica e água pluvial.

Água para o Consumo Humano: água destinada a ingestão pelos seres humanos e que possui características benéficas ao conjunto de fenômenos biológicos, físicos e químicos essenciais à vida; deve, assim, estar em conformidade com os parâmetros biológicos, físicos e

químicos, normalmente fixados em padrões de potabilidade, tornando-a apta ao consumo humano.

Água Potável - Água de qualidade ao consumo humano, que deve satisfazer aos padrões de potabilidade.

#### 3.6.4 Parâmetros de Qualidade de Água para o Consumo Humano

Odor e sabor: são originados de sais e gases dissolvidos na água e determinam a aceitabilidade para consumo humano. O consumidor deseja uma água isenta dessas características.

pH: é o potencial de hidrogênio presente na água e seu valor varia de 0 a 14. O balanço dos íons  $H^+$  e  $OH^-$  determina se a água é ácida ou básica. Numa água pura os íons  $H^+$  encontram-se em equilíbrio com os íons  $OH^-$ , tornando o pH neutro, ou seja, igual a 7. O gás carbônico e a alcalinidade influenciam no pH da água. Para a água de abastecimento o pH é importante, pois interfere no processo de tratamento e também pode favorecer a corrosão das estruturas das instalações do sistema.

Alcalinidade: é provocada pela presença de sais alcalinos, principalmente de cálcio e sódio e mede a capacidade da água em neutralizar os ácidos.

Condutividade: é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100  $\mu S/cm$  indicam ambientes impactados. A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

DBO: A Demanda Bioquímica de Oxigênio de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C é freqüentemente usado e referido como  $DBO_{5,20}$ .



DQO: É a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO<sub>5,20</sub>, sendo o teste realizado num prazo menor. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial.

Cloretos: Encontra-se na forma de sais dissolvidos na água. Em altas concentrações trazem restrições quanto ao sabor. Em águas naturais encontram-se em níveis baixos e são encontrados em maiores concentrações na água do mar.

Cor verdadeira: é provocada pela presença de materiais dissolvidos e colóides na água (BRANCO 1991). Essas substâncias podem ser de origem mineral ou vegetal. Em Sistemas de Abastecimentos de Água Públicos é esteticamente indesejável pelo consumidor e prejudicial no processo de algumas indústrias. A água de chuva adquire cor ao passar pela superfície destinada a sua captação devido à presença de partículas de poeira, folhas, resíduos de aves e de atividades industriais.

Turbidez: corresponde geralmente as partículas sólidas em suspensão, podendo ser de tamanhos variados. A presença dessas partículas provoca a dispersão e absorção da luz, podendo também ser potencialmente perigosas. Pode diminuir a eficiência da cloração e transportar partículas orgânicas, podendo gerar sabor e odor.

Dureza Total: A dureza da água ocorre devido à presença de sulfetos ou cloretos de Cálcio ou Magnésio em solução. A dureza é conhecida como a característica da água de dificultar ou impedir a formação de espuma no uso do sabão. A água de chuva é mole, sendo boa para processos industriais, segundo OLIVEIRA (1976) citado por MAY (2004).

Cálcio e Magnésio: A presença de íons de Cálcio e Magnésio na água tem significância no uso doméstico e industrial, pois são responsáveis pela dureza. São responsáveis por incrustações em tubulações, especialmente de caldeiras, redução de transferência de calor, aceleração da corrosão e entupimentos.

Gás carbônico livre: O CO<sub>2</sub> é um componente natural que provoca a acidez da água. A acidez mineral é resultante da presença de resíduos industriais, materiais orgânicos sintéticos, pela ação oxidante das sulfobactérias ou pela hidrólise de sais minerais de metais. A importância da acidez nas águas está relacionada a problemas de corrosão.

Nitrogênio Amoniacal: A amônia ou nitrogênio amoniacal (NH<sub>3</sub>) pode ser constituinte natural de águas superficiais ou subterrâneas, resultado da decomposição da matéria orgânica. São indicadores de poluição doméstica ou industrial quando encontrada em altas concentrações. Seu efeito é significativo sobre a desinfecção da água pelo cloro, ao produzir

as cloraminas que possuem baixo poder bactericida. Serve, também, como potencial para algas e bactérias.

Nitrito: O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas formas oxidadas. Pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio. Quando descarregados nas águas naturais conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, provocam o enriquecimento do meio tornando-o mais fértil e possibilitam o crescimento em maior extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas, o que é chamado de eutrofização.

Nitrato: É a forma mais oxidada do nitrogênio. Os nitratos são tóxicos, causando uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças (o nitrato se reduz a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre, tornando o sangue azul). Por isso, o nitrato é padrão de potabilidade, sendo 10 mg/L o valor máximo permitido pela Portaria N°. 518/04 do Ministério Saúde.

Fósforo: aparece em águas naturais, devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais. Pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Fosfatos orgânicos em que o fósforo compõe as moléculas orgânicas, como a de um detergente. Os ortofosfatos são representados pelos radicais, que se combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas. E os polifosfatos ou fosfatos condensados são polímeros de ortofosfatos.

Ortofosfato: são biodisponíveis, isto é, uma vez assimilados, eles são convertidos em fosfato orgânico e em fosfatos condensados. Após a morte de um organismo, os fosfatos condensados são liberados na água. Entretanto, eles não estão disponíveis para absorção biológica até que sejam hidrolisados para ortofosfatos por bactérias.

Fluoreto: Encontrados geralmente em maiores quantidades em águas subterrâneas. Provoca efeito benéfico na prevenção da carie, porém em concentrações elevadas podem causar a fluorose e danos aos ossos.

Oxigênio consumido em  $H^+$  : corresponde a quantidade de matéria orgânica presente na água.

**Sólidos Totais:** Os sólidos presentes na água podem ser classificados como dissolvidos ou em suspensão.

**Sólidos dissolvidos:** nas águas naturais, estão constituídos principalmente por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos e possivelmente nitratos de cálcio, magnésio, potássio, pequenas quantidades de ferro, magnésio e outras substâncias. Representam a parcela de sólidos que são capazes de atravessar papel de fibras de vidro em cadinho de Gooch;

**Sólidos em suspensão:** são retidos pelo papel de fibras de vidro.

**Ferro:** O ferro traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor, provoca manchas em roupas e utensílios sanitários e causa o desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/L na Portaria 518 do Ministério da Saúde.

**Alumínio:** Sais de alumínio são utilizados como coagulantes em sistemas de tratamento de água para a remoção de cor e turbidez. O alumínio presente na água contribui com uma pequena parcela ingerida diariamente pelo homem e não exercem nenhum efeito nocivo sobre ele. Levando em consideração a ordem estética a portaria do MS estabelece uma concentração de 0,2 mg/L de alumínio na água potável. Índices superiores a este indicam falhas nas etapas de coagulação, sedimentação e filtração durante o tratamento.

**Coliformes Totais:** inclui todas as bactérias na forma de bastonetes gram negativos, não esporogênicos, aeróbios ou anaeróbios, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35° C. O índice de coliformes totais avalia as condições higiênicas.

**Coliformes Fecais:** grupo é composto também por *Escherichia coli* que são bactérias que vivem nos intestinos de homens e de animais de sangue quente, como aves, ratos, gatos e cuja presença na água constituem indicação de contaminação por fezes, e possibilidade da presença de organismos causadores de doenças gastro-intestinais. O índice desses coliformes também avalia as condições higiênico sanitárias deficientes.

### 3.6.5 Consumo de água

O homem precisa de quantidade suficiente de água, pois se utiliza dela para diversas atividades que desempenha durante o dia, como: preparação de alimentos, higiene pessoal, descargas de banheiro, lavagem de roupa.

De acordo com TOMAZ (2003), 30% da água consumida nas residências são utilizados em descargas dos vasos sanitários e 20% em máquinas de lavar roupas.

MACEDO (2000) compilou alguns dados referentes à quantidade de água utilizada pelo homem em algumas atividades diárias.

A quantidade de água que cada habitante utiliza para a sua sobrevivência será o que trataremos a seguir.

Tabela 8: Consumo de Água para Algumas Atividades Diárias do Ser Humano

Atividade	Consumo
Banho de ducha de alta pressão durante 3 minutos	27 L
Banho de chuveiro elétrico durante 3 minutos	8,1 L
Escovar os dentes, deixando a torneira aberta 5 minutos.	15 L/dia
Escovar os dentes, deixando a torneira fechada	6 L/dia
Gotejamento de torneira com 1mm de abertura	2068 L/dia
Gotejamento de torneira com 2mm de abertura	4512 L/dia
Gotejamento de torneira com 9mm de abertura	164000 L/dia
Lavar o carro com mangueira aberta por 30 minutos	560 L
Lavar o carro com balde	40 L
Lavar a calçada com esguicho por 15 minutos	280 L

FONTE: ADAPTADO DE EMBRAPA, 1994; GRECCO, 1998; FOLHA DE SÃO PAULO, 1999 CITADO POR MACEDO, 2000.

Na elaboração de projetos de sistemas de abastecimento de água e sistemas de esgotos sanitários existe a necessidade de se determinar a vazão de água ou esgoto a serem tratados. O consumo percapita é uma das variáveis importantes no dimensionamento destes sistemas de tratamento. Para isso os projetistas dispõem da norma NBR 13969 que determina o valor de acordo com o padrão das residências.

As tabelas 9, 10 e 11 apresentam o consumo de água por diferentes formas de uso segundo YASSUDA & NOGAMI (1976), e AZEVEDO NETTO et al. (1998) e SABESP (2004).

Tabela 9: Consumo de Água por diferentes formas de uso

ITEM	QUANTIDADE (l/hab.dia)
Bebida / Cozinha	10 a 20
Lavagem de roupas	10 a 20
Banhos e lavagem de mãos	25 a 55
Instalações sanitárias	15 a 25
Outros usos	15 a 30
Perdas e desperdícios	25 a 50
<b>TOTAL</b>	<b>100 a 200</b>

FONTE: YASSUDA & NOGAMI (1976)

Tabela 10: Consumo de Água por diferentes formas de uso

ITEM	QUANTIDADE (l/hab.dia)
Por banho / habitante	39 a 50 L
Pia do banheiro	6 L/min.
Outras torneiras	12 a 15 L/min.
Descarga	8 a 12 L/uso
Máquina de lavar pratos	50 L/uso
Máquina de lavar roupas	80 L/uso

FONTE: AZEVEDO NETTO ET AL. (1998)

Tabela 11: Distribuição Consumo de Água em Apartamento da USP

PONTOS DE UTILIZAÇÃO	USO TOTAL (%)
Bacia Sanitária	29
Chuveiro	28
Lavatório	6
Pia da Cozinha	17
Máquina de Lavar Louças	5
Tanque	6
Máquina de Lavar Roupas	9

FONTE: SABESP ([HTTP://WWW.SABESP.COM.BR/USO\\_RACIONAL](http://www.sabesp.com.br/uso_racional), 2004).

Segundo a Organização Pan-americana de Saúde (OPAS) o ser humano necessita diariamente de 189 litros de água para atender suas necessidades de consumo, higiene e preparo de alimentos. (Revista Bio N° 19, 2001).

Com base nos números levantados e na experiência com projetos de engenharia conclui-se que o homem utiliza diariamente de 100 a 200 litros de água.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do trabalho de pesquisa ocorreu no município de Florianópolis. A fim de alcançar os objetivos as atividades foram executadas, em escala real, através de amostragens de coleta para caracterização da qualidade da água de chuva.

A realização das coletas e análises laboratoriais visando a caracterização dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da água de chuva aconteceu no período de julho de 2004 a janeiro de 2005.

### 4.1 Pontos de Coleta

A Figura 8 apresenta a localização dos pontos de coleta. P1, P2 e P3 no bairro Canto da Lagoa e P4 no bairro Saco Grande.



Figura 8: localização dos pontos de coleta no município de Florianópolis

Para a avaliação da qualidade da água de chuva foram realizadas coletas nos seguintes pontos:

P1 - Coleta direta da chuva - sem interferência de telhados ou qualquer tipo de superfície;

P2 - Após passar por telhado de cimento amianto;

P3 - Após passar por telhado cerâmico;

P4 - Reservatório inferior (cisterna).

#### 4.1.1 Coleta Direta

A coleta direta da água de chuva foi realizada em recipiente de acrílico em forma de cuba colocado sobre uma mesa, aproximadamente um metro do solo. A coleta foi realizada em local próximo as residências, onde foi captada a água sem passar pelos telhados.



Figura 9: Dispositivo utilizado na coleta direta

#### 4.1.2 Coleta após passagem pelos telhados de cimento amianto e cerâmico

A avaliação da qualidade da água de chuva após passarem por telhados foi feita em duas residências uni-familiares no bairro Canto da Lagoa. Uma das residências com telhado de cimento amianto e a outra com telhado cerâmico. Foram adotados esses dois tipos de materiais por serem os mais utilizados nas coberturas de residências em Florianópolis. Foram escolhidas essas duas casas a fim de favorecer a logística da coleta. A área utilizada para a



captação da água de chuva foi de 40 m<sup>2</sup> no telhado de cimento amianto e 38 m<sup>2</sup> no telhado cerâmico. Ambos os telhados possuem aproximadamente o mesmo tempo de utilização: 15 anos para o telhado cerâmico e 17 anos para o telhado de cimento amianto. O material das calhas e condutores horizontais dos dois telhados é PVC. As figuras 10 e 11 apresentam as residências onde foi realizada a coleta.



Figura 10: Residência de telhado cerâmico onde foi realizada a coleta das amostras



Figura 11: Residência de telhado de amianto onde foi realizada a coleta das amostras



Nas amostras que passaram pelos telhados, as coletas foram realizadas a 0, 10, 30 e 60 minutos após o início da chuva. Os pontos amostrados são identificados da seguinte forma:

- P2, 0' – Telhado de cimento amianto, coleta no início da chuva (tempo zero);
- P2, 10' – Telhado de cimento amianto, coleta após 10 minutos do início da chuva;
- P2, 30' – Telhado de cimento amianto, coleta após 30 minutos do início da chuva;
- P2, 60' – Telhado de cimento amianto, coleta após 60 minutos do início da chuva;
- P3, 0' – Telhado cerâmico, coleta no início (tempo zero);
- P3, 10' – Telhado cerâmico, coleta após 10 minutos do início da chuva;
- P3, 30' – Telhado cerâmico, coleta após 30 minutos do início da chuva;
- P3, 60' – Telhado cerâmico, coleta após 60 minutos do início da chuva.

#### 4.1.3 Coleta em reservatório inferior - cisterna

Para a avaliação da qualidade da água de chuva no reservatório foi realizada a coleta de amostras de água de chuva nos reservatórios (cisternas) da Primavera Tennis, localizada no bairro Saco Grande. A Figura 12 apresenta o empreendimento onde foi realizada a coleta.



Figura 12: Primavera Tennis

O sistema da Primavera Tennis faz a captação do telhado de zinco, com área de 2500 m<sup>2</sup>, e através de condutores verticais de PVC a água é encaminhada para as cisternas,

passando anteriormente por um filtro para remoção de folhas e materiais grosseiros. A cisterna é composta por um conjunto de três reservatórios de 20.000 litros cada. Da cisterna, a água é bombeada para um reservado elevado, passando antes por um filtro de areia e dosador de cloro. Do reservatório elevado a água é distribuída. A figura 13 apresenta os reservatórios inferiores. A coleta das amostras foi realizada a coleta no primeiro (R1) e no terceiro reservatório (R3).



Figura 13: Reservatórios inferiores (cisternas)

#### 4.2 Data das coletas

A frequência de amostragem para a chuva coletada diretamente e a que passou pelos telhados de amianto e cerâmico aconteceu por evento nos seguintes períodos:

1. Dia 01/07/04 foram coletadas amostras que precipitaram e passaram pelo telhado de cimento amianto e cerâmico após os seguintes períodos de tempo:
  - Início da chuva – 17:30 horas;
  - 10 minutos após a primeira coleta - 17:40 horas;
  - 30 minutos após a primeira coleta - 18:00 horas;
  - 60 minutos após a primeira coleta - 18:30 horas;
  - diretamente da precipitação denominado de P1;

2. Segunda amostragem - Dia 15/07/04.

- Início da chuva – 11:00 horas;
- 10 minutos após a primeira coleta - 11:10 horas;
- 30 minutos após a primeira coleta - 11:30 horas;
- 60 minutos após a primeira coleta - 12:00 horas;
- diretamente da precipitação denominado de P1;

3. Terceira amostragem realizada no 12/09/04. Houve uma interrupção da chuva num período de 100 minutos impedindo a aplicação da metodologia adotada anteriormente.

- Início da chuva – 11:00 horas;
- 100 minutos após a primeira coleta - 12:40 horas;
- 120 minutos após a primeira coleta - 13:00 horas;
- diretamente da precipitação denominado de P1;

4. Quarta amostragem realizada no 22/09/04.

- Início da chuva – 20:45 horas;
- 10 minutos após a primeira coleta – 20:55 horas;
- 30 minutos após a primeira coleta - 21:15 horas;
- A coleta aos 60 minutos após a primeira coleta não foi realizada devido à interrupção da precipitação;
- diretamente da precipitação denominado de P1;

5. Quinta amostragem realizada no 13/10/04.

- Início da chuva - 10:20 horas;
- 10 minutos após a primeira coleta - 10:30 horas;
- 30 minutos após a primeira coleta - 10:50 horas;
- 60 minutos após a primeira coleta - 11:20 horas;
- diretamente da precipitação denominado de P1;

6. Sexta amostragem realizada no 18/10/04.

- Início da chuva – 20:00 horas;
- 10 minutos após a primeira coleta – 20:10 horas;

- 30 minutos após a primeira coleta – 20:30 horas;
  - 60 minutos após a primeira coleta – 21:00 horas;
  - diretamente da precipitação denominado de P1;
7. Sétima amostragem realizada no 31/10/04 foi mantida a metodologia da amostragem anterior.
- Início da chuva – 07:00 horas;
  - 10 minutos após a primeira coleta – 07:10 horas;
  - 30 minutos após a primeira coleta - 07:30 horas;
  - 60 minutos após a primeira coleta - 08:00 horas;
  - diretamente da precipitação denominado de P1.
8. Oitava amostragem realizada no 03/11/04.
- Início da chuva – 21:00 horas;
  - 10 minutos após a primeira coleta - 21:10 horas;
- A precipitação parou às 21:25 h reiniciando às 23:10 h
- 30 minutos após a primeira coleta, desconsiderando-se o intervalo em que não ocorreu precipitação – 23:25 horas;
- Novamente a chuva foi interrompida às 23:35 impedindo a coleta das duas últimas amostras.
- diretamente da precipitação denominado de P1.

A coleta realizada no reservatório de água da Primavera Tennis aconteceu nos seguintes dias:

- 13/12/2004
- 20/12/2004
- 27/12/2004
- 03/01/2005
- 10/01/2005

### **Dias sem chuva antes das coletas**

#### **P1, P2 e P3**

01/07/04 - 19 dias  
 15/07/04 - 3 dias  
 22/09/04 - 3 dias  
 13/10/04 - 1 dia  
 18/10/04 - 1 dia  
 31/10/04 - 3 dias  
 03/11/04 - 4 dias

#### **P4**

13/12/04 - 1 dia  
 20/12/04 - 2 dias  
 27/12/04 - 2 dias  
 03/01/05 - 9 dias  
 10/01/05 - 3 dias

Os dados de precipitação foram obtidos através da Estação Meteorológica instalada na ETA da Lagoa do Peri, onde a operadora é a EPAGRI e a responsável a CASAN.

### **4.3 Parâmetros analisados**

Os parâmetros escolhidos foram os mais significativos e associados aos padrões de potabilidade da água. Já que um dos objetivos é a sua utilização para consumo humano.

Os parâmetros utilizados para análise foram os seguintes:

- pH
- Alcalinidade
- Condutividade
- DBO
- DQO
- Cloretos
- Cor
- Turbidez
- Dureza
- Nitrogênio Amoniacal
- Nitrito
- Nitrato
- Fósforo
- Ortofosfato

- Fluoreto
- Oxigênio consumido em  $H^+$
- Sólidos em Suspensão
- Sólidos Sedimentáveis
- Ferro
- Cálcio
- Magnésio
- Alumínio
- Coliformes Totais
- Coliformes Fecais

As análises laboratoriais dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos foram realizadas no Laboratório de Análise de Esgotos situado no Bairro de Coqueiros em Florianópolis e no Laboratório de Controle de Qualidade da Água situado da Estação de Tratamento de Água no Morro dos Quadros em Palhoça, ambos de propriedade da CASAN.

As amostras foram coletadas conforme o guia de coleta e preservação de amostras de água da CETESB em frascos de polipropileno no volume de 5 litros, e para as coletas bacteriológicas os mesmos foram previamente esterilizados em autoclave a uma temperatura de 121°C. As amostras coletadas foram analisadas num prazo máximo de 24 horas após a coleta.

As técnicas analíticas foram determinadas de acordo com o Standard Methods (APHA, 1995), exceto para análise de nitrato:

pH - as medições de pH foram feitas com um pHmetro digital da marca ORION 210, em campo, no próprio local da coleta;

Condutividade - as medições aconteceram em campo, no próprio local da coleta com condutivímetro digital.

Cor – fotocolorímetro

Turbidez – a determinação foi feita por turbímetro 2100 P HEXIS

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) - a determinação da DBO foi feita pelo método de Winkler;

Demanda Química de Oxigênio (DQO) - a determinação da DQO total foi realizada pelo método colorimétrico utilizando-se COD Reactor, marca HACH, e um espectrofotômetro marca HACH, modelo DR 4000;

Alcalinidade Total - este parâmetro foi realizado pela titulação em ácido sulfúrico 0,002 N;

Cloretos - determinados através do método de Mohr;

Sólidos em Suspensão (SS) - gravimétrico – filtração em membranas de celulose de diâmetro 0,42µm;

Sólidos Sedimentáveis (SSd) – Cone Imhoff ;

Nitrogênio Amoniacal (N-NH<sub>4</sub>) - determinado por Espectrofotometria. Método – Nesller;

Nitrogênio Nitrito (N-NO<sub>2</sub>) - determinado por Espectrofotometria. Método – Alfanaftatillamina;

Nitrogênio Nitrato (N-NO<sub>3</sub>) - determinado por Espectrofotometria. Método – Brucina;

Coliformes Totais e Fecais - Escherichia coli determinado pela técnica do Colilert através do meio enzimático MUG.

Ferro – a determinação do ferro foi realizada por um espectrofotômetro marca HACH, modelo DR 4000;

Cálcio - Standard Methods

Magnésio - Standard Methods

Gás carbônico livre - Standard Methods

Oxigênio consumido em meio ácido - Standard Methods

Alumínio - Standard Methods

Fluoretos - Standard Methods

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos nas amostras de água de chuva foram compilados segundo a média dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos analisados e são apresentados na Tabela 12.

A coleta do dia 12/09/04 foi descartada para a efetuação do cálculo dos telhados em função de ter utilizado períodos de tempo diferentes para as amostragens.

Os resultados de cada amostragem são apresentados no anexo 1, sendo obedecida a seguinte legenda dos pontos amostrados.



Tabela 12 - Resultados das amostras de água de chuva – Parâmetros Físico-químicos e bacteriológicos

[illegible]

## 5.1 Análises Físico-Químicas

### 5.1.1 pH

O pH apresentou-se ácido para as amostras de água de chuvas coletadas sem passarem pelos telhados onde o valor mínimo encontrado foi de 4,92 e o máximo de 5,80. Em mais de 70% das amostras o pH ficou inferior a 5,60, o que indica chuva ácida. Nestas condições, o fato do pH da água da chuva ser levemente ácido, é considerado normal, pois mesmo em áreas inalteradas o pH encontra-se próximo a 5,00. O pH médio da água coletada diretamente foi de 5,46. A água de chuva apresenta-se assim devido, principalmente, à presença de gases como o  $\text{CO}_2$  e o  $\text{SO}_4$  que reagem com a água da chuva formando ácidos e que, como consequência, diminuem o pH. Este fato ocorre principalmente nos centros urbanos onde a queima de combustíveis fósseis dos veículos automotores é muito maior confirmando que a água da chuva não é completamente pura.

Para a água de chuva coletada após a passagem pelos telhados foram observados valores de pH mais elevados do que a água de chuva coletada diretamente. Para a superfície de cimento amianto o pH variou entre 6,32 e 8,00 enquanto, que no telhado cerâmico os valores variaram entre 5,64 e 7,30. As alterações verificadas nos dois telhados confirmam que as partículas acumuladas nos mesmos, bem como as composições diferentes dos materiais elevam o pH. No mesmo tipo de superfície o pH não apresentou variações consideráveis em função do tempo. A Figura 14 apresenta a evolução do pH nos dois tipos de telhados.

Nas amostras dos reservatórios inferiores (P4) todos os valores de pH ficaram abaixo de 5,60, obtendo-se um pH médio de 5,13. Os resultados obtidos para o pH são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - pH – média e desvio padrão

	P1	P2, 0'	P2, 10'	P2, 30'	P2, 60'	P3, 0'	P3, 10'	P3, 30'	P3, 60'	P4
pH	5,46	7,23	7,19	7,58	7,40	6,41	6,51	6,51	6,52	5,13
Desvio Padrão	0,36	0,69	0,56	0,96	0,84	0,96	0,91	0,81	0,69	0,24

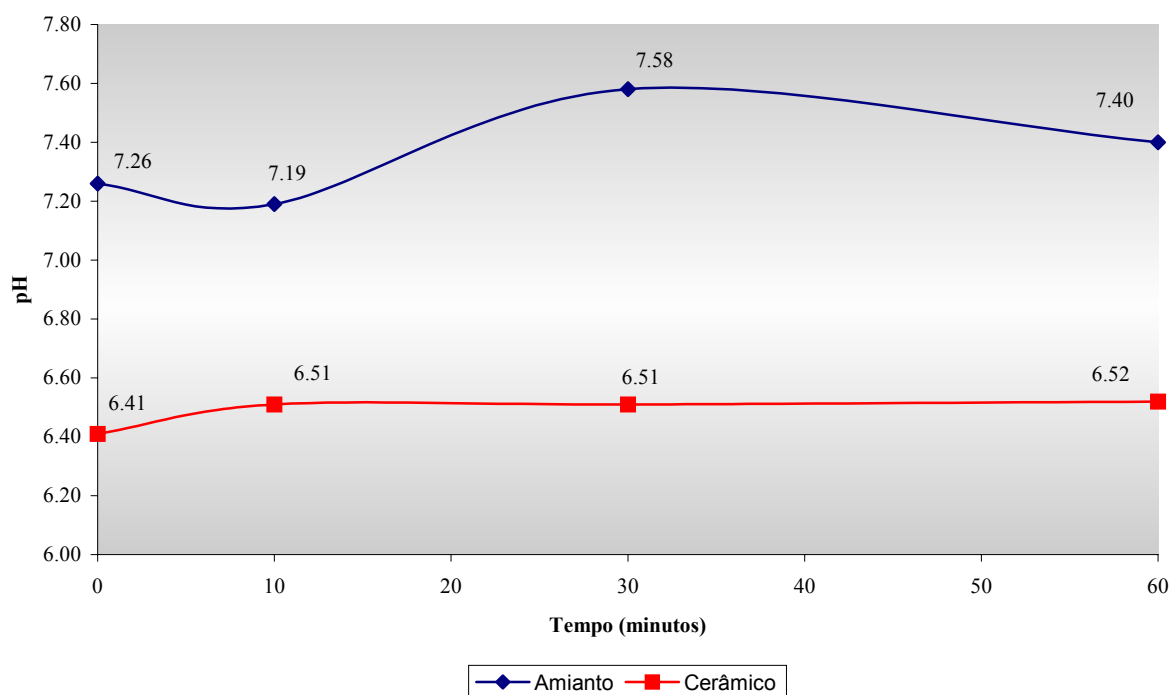


Figura 14: Evolução do pH nas amostras coletadas após passarem pelos telhados

### 5.1.2 Alcalinidade

A alcalinidade da água de chuva sem passar pelos telhados variou de 1,00 a 4,60 mg/L demonstrando a acidez da chuva, tendo como média 2,59 mg/L.

As amostras que passaram pelo telhado de cimento amianto tiveram valores que variaram de 16,40 a 31,70 mg/L, fato ocorrido devido, principalmente, à composição química do material da superfície, adicionado aos poluentes presentes no mesmo. O cimento amianto é composto por mais de 90% de cimento e menos de 10% de fibras de amianto crisotila, cuja fórmula química é  $\text{Mg}_3 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$ .

No telhado cerâmico os valores encontrados foram menores e oscilaram entre 1,70 e 9,80 mg/L

Em ambos os telhados os maiores valores de alcalinidade ocorreram na amostra inicial, ocorrendo à diminuição sucessiva nas amostras subseqüentes. A Figura 15 apresenta a evolução da alcalinidade nos dois tipos de telhados.

No reservatório inferior a média da alcalinidade foi de 3,62 mg/L. Os resultados obtidos para a alcalinidade são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Alcalinidade – média e desvio padrão

	P1	P2, 0'	P2, 10'	P2, 30'	P2, 60'	P3, 0'	P3, 10'	P3, 30'	P3, 60'	P4
Alcalinidade	2,59	23,54	18,42	19,70	13,96	5,11	3,58	3,59	3,26	3,62
Desvio Padrão	1,59	6,17	7,23	9,26	13,32	3,28	1,93	1,73	1,96	3,62

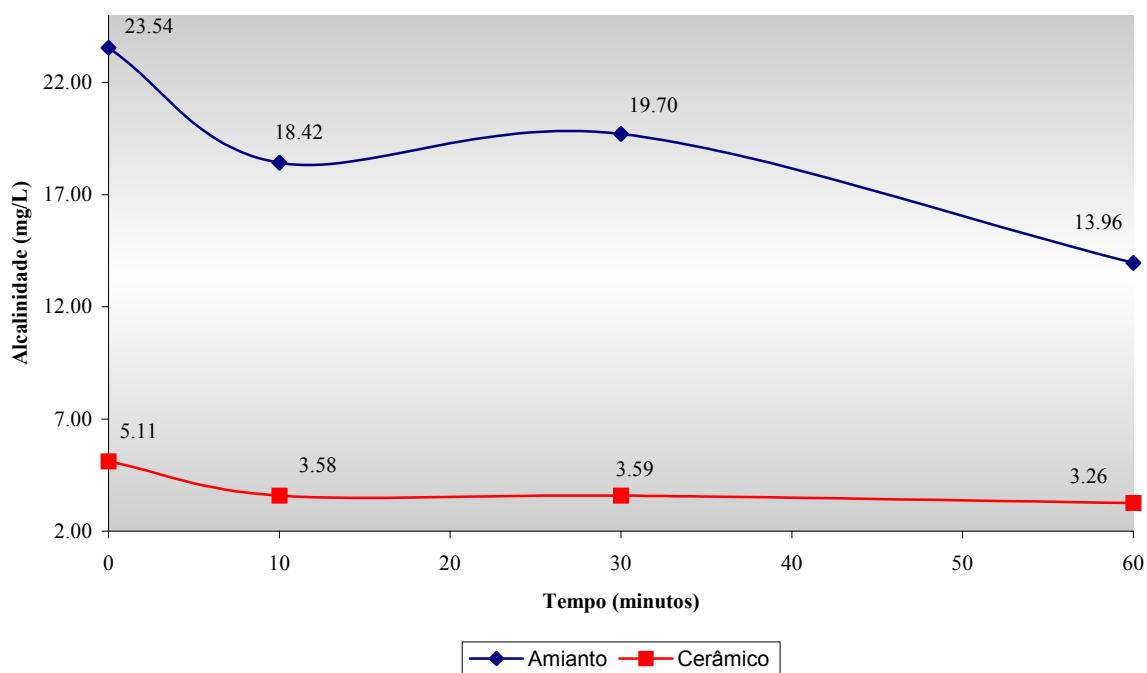


Figura 15: Evolução da alcalinidade nas amostras coletadas após passarem pelos telhados

### 5.1.3 Condutividade

A condutividade da água de chuva sem passar pelos telhados variou de 10 a 23  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Os valores das amostras que passaram pelos telhados variaram de 11 a 75  $\mu\text{S}$ , indicando que as modificações ocorreram principalmente ao depósito de sais nos mesmos. As principais características químicas encontradas nas formas iônicas como o Sódio ( $\text{Na}$ ), Cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), Magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), Potássio ( $\text{K}^+$ ), Cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), Sulfato ( $\text{SO}_4^{--}$ ), tem como origem à água do mar, o que justifica os valores devido a próximo do local de coleta com o Oceano Atlântico. A Figura 16 apresenta a evolução da condutividade nos dois tipos de telhados.

A condutividade para as amostras coletadas nos reservatórios inferiores teve média de 29,70  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Os resultados obtidos para a condutividade são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15: Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) – média e desvio padrão

	P1	P2, 0'	P2, 10'	P2, 30'	P2, 60'	P3, 0'	P3, 10'	P3, 30'	P3, 60'	P4
Condutividade	16,57	53,29	41,29	40,00	32,17	28,88	28,14	13,25	13,29	29,70
Desvio Padrão	6,19	19,39	10,77	29,42	31,59	23,77	24,13	8,76	13,05	12,84

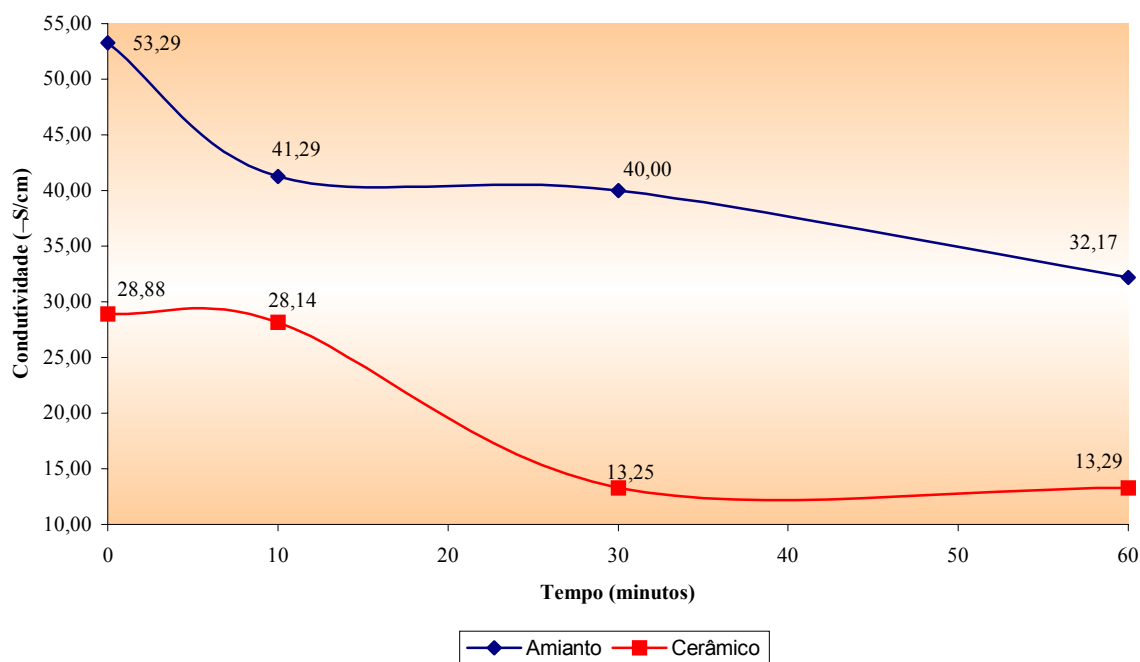


Figura 16: Evolução da condutividade nas amostras coletadas após passarem pelos telhados

#### 5.1.4 Cloretos

Em todas as análises realizadas os valores referentes aos cloretos ficaram bem abaixo do estabelecido pela Portaria N°. 518 do MS onde para o consumo humano o valor máximo permitido é de 250 mg/L. Foi observado também que a água de chuva sem a interferência dos telhados apresentou valores abaixo das demais, isso se deve ao depósito de sais nos mesmos, provocado pela maresia, que é evidenciado com a diminuição da concentração ao passar por essas superfícies com o decorrer do tempo. A Figura 17 apresenta a evolução dos cloretos nos dois tipos de telhados.

Nas amostras do reservatório inferior a média da concentração de cloretos foi de 13,95 mg/L. Os resultados obtidos para cloretos são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Cloretos (mg/L) – média e desvio padrão

	P1	P2, 0'	P2, 10'	P2, 30'	P2, 60'	P3, 0'	P3, 10'	P3, 30'	P3, 60'	P4
Cloretos	9,09	14,69	11,73	11,23	10,04	14,02	10,73	10,42	8,45	13,95
Desvio Padrão	2,68	5,94	3,07	3,79	4,71	4,39	3,79	5,20	3,73	5,45

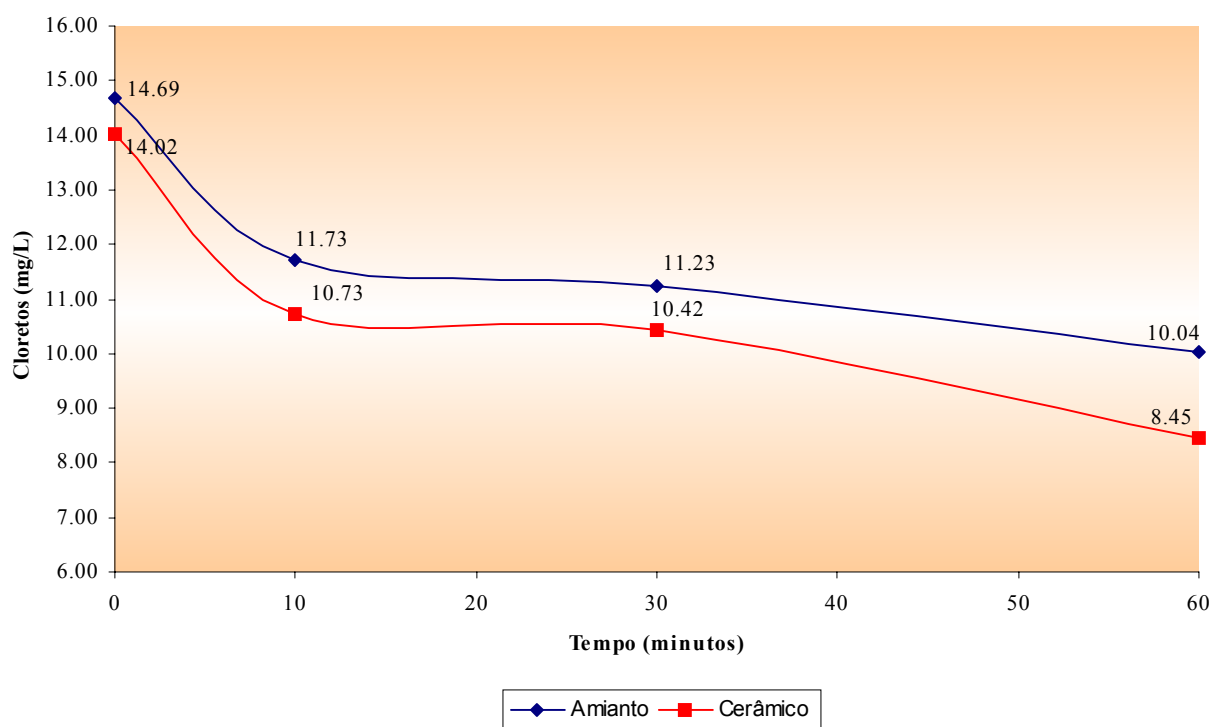


Figura 17: Evolução dos cloretos nas amostras coletadas após passarem pelos telhados

### 5.1.5 Cor e turbidez

Na Portaria Nº. 518 é estabelecido o valor máximo é de 15 uH para cor aparente, e de 5 UT para turbidez.

De todas as amostras analisadas a cor apresentou-se mais elevada na água que passou pelo telhado de cimento amianto cujos valores variaram de 15 a 180 uH. Para o telhado cerâmico a variação foi de 15 a 75 uH. Os resultados obtidos para cor e turbidez são apresentados nas Tabela 17 e 18, respectivamente.

Os valores encontrados para a turbidez estiveram de 1,31 a 45,60 UT para o telhado de amianto e 2,26 a 22,00 UT para o telhado cerâmico. Com o passar do tempo foi verificado que os valores para cor e turbidez diminuía melhorando a sua qualidade. Por essa razão é

recomendado que as “primeiras águas” devem ser descartadas facilitando assim o seu tratamento.

As Figuras 18 e 19 apresentam, respectivamente, a evolução da cor e da turbidez nos dois tipos de telhados.

No reservatório inferior a cor e turbidez tiveram valores médios de 5,00 mg PtCo/L e 4,70 UT, respectivamente como pode ser observado nas Tabelas 17 e 18.

Tabela 17 – Cor (mg PtCo/L) – média e desvio padrão

	P1	P2, 0'	P2, 10'	P2, 30'	P2, 60'	P3, 0'	P3, 10'	P3, 30'	P3, 60'	P4
Cor	10,00	58,78	22,89	22,78	15,71	35,62	18,75	18,93	11,00	5,00
Desvio Padrão	7,07	72,64	7,89	8,86	7,36	25,32	6,36	10,18	5,48	0,00

Tabela 18 – Turbidez (UT) – média e desvio padrão

	P1	P2, 0'	P2, 10'	P2, 30'	P2, 60'	P3, 0'	P3, 10'	P3, 30'	P3, 60'	P4
Turbidez	4,26	15,92	7,58	6,82	4,42	11,32	5,69	11,90	4,06	4,70
Desvio Padrão	3,07	19,23	4,74	4,06	3,02	8,43	3,62	12,09	3,28	1,94

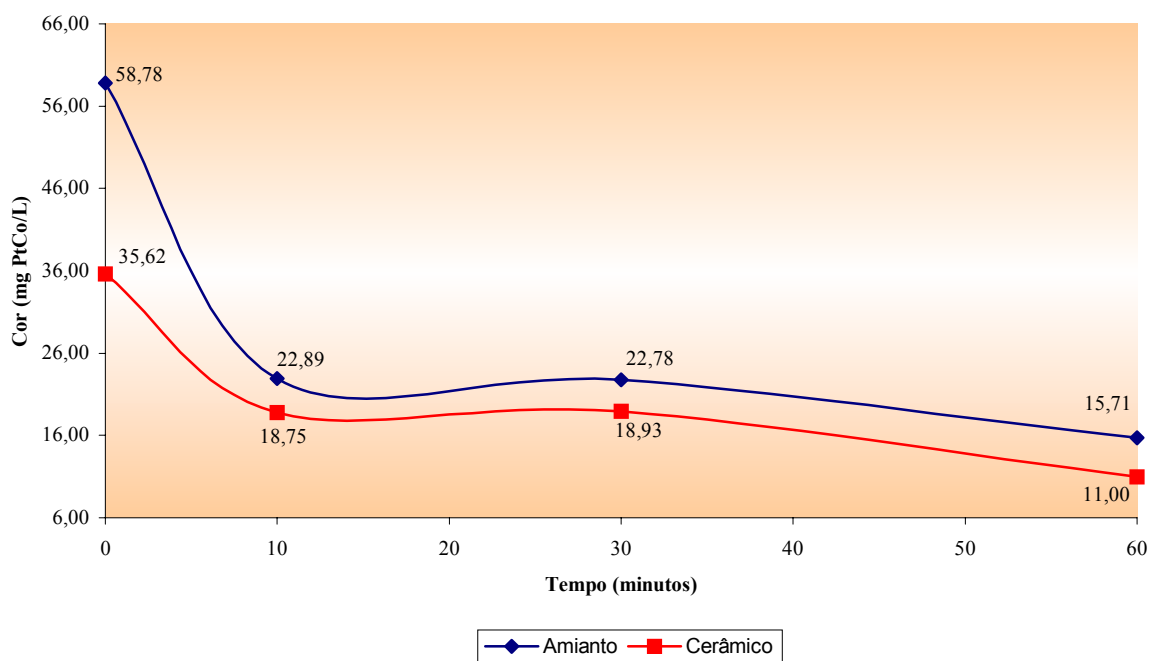


Figura 18: Evolução da Cor nas amostras coletadas após passarem pelos telhados

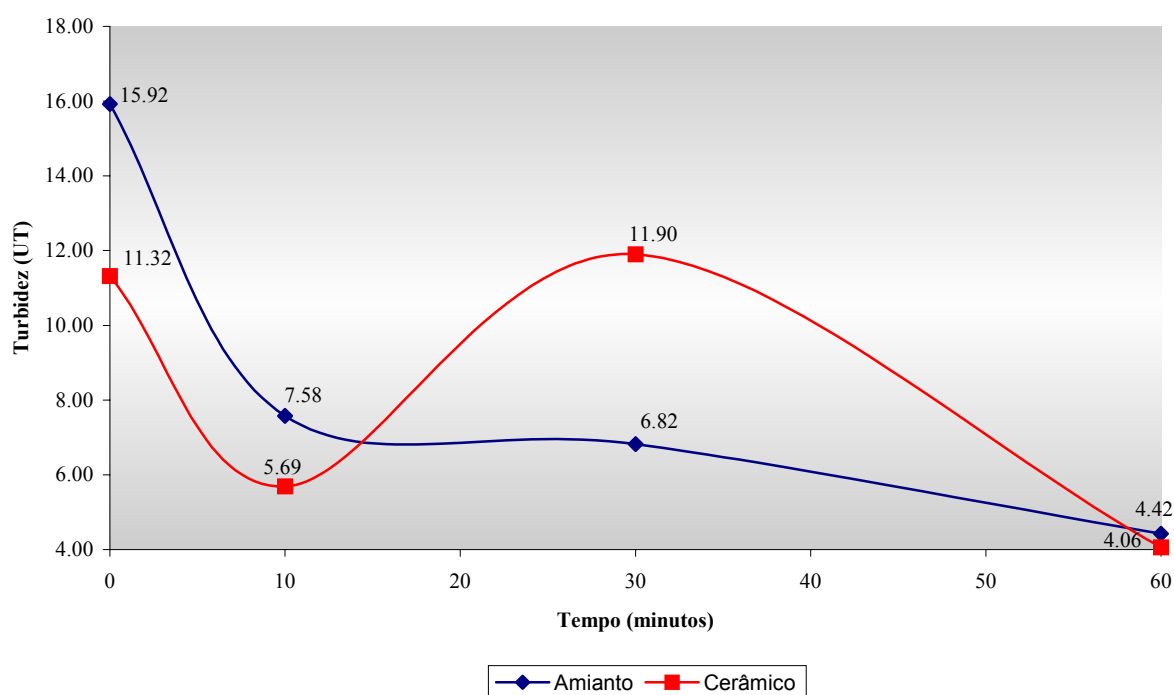


Figura 19: Evolução da Turbidez nas amostras coletadas após passarem pelos telhados

A Figura 20 mostra os diferentes aspectos visuais das amostras P2 0', P2 10', P2 30', P2 60' e P1 coletadas no dia 31/10/2004.



Figura 20 – Água de chuva (da esquerda para a direita): telhado de amianto a 0, 10, 30, 60 minutos e sem a interferência do telhado, coletadas em 31/10/2004.

#### 5.1.6 Dureza

A dureza da água em todas as amostras apresentou valores inferiores ao máximo estipulado pela Portaria 518 do MS que é de 500 mg/L, mostrando que a água de chuva pode ser utilizada em processos industriais em que se utiliza sabão.



Tabela 19 – Dureza (mg/L) – média e desvio padrão

	P1	P2, 0'	P2, 10'	P2, 30'	P2, 60'	P3, 0'	P3, 10'	P3, 30'	P3, 60'	P4
Dureza	9,29	49,51	41,21	33,82	29,19	23,98	15,27	12,19	14,04	11,78
Desvio Padrão	6,49	25,10	16,10	9,09	16,95	11,95	9,45	5,77	6,55	3,01

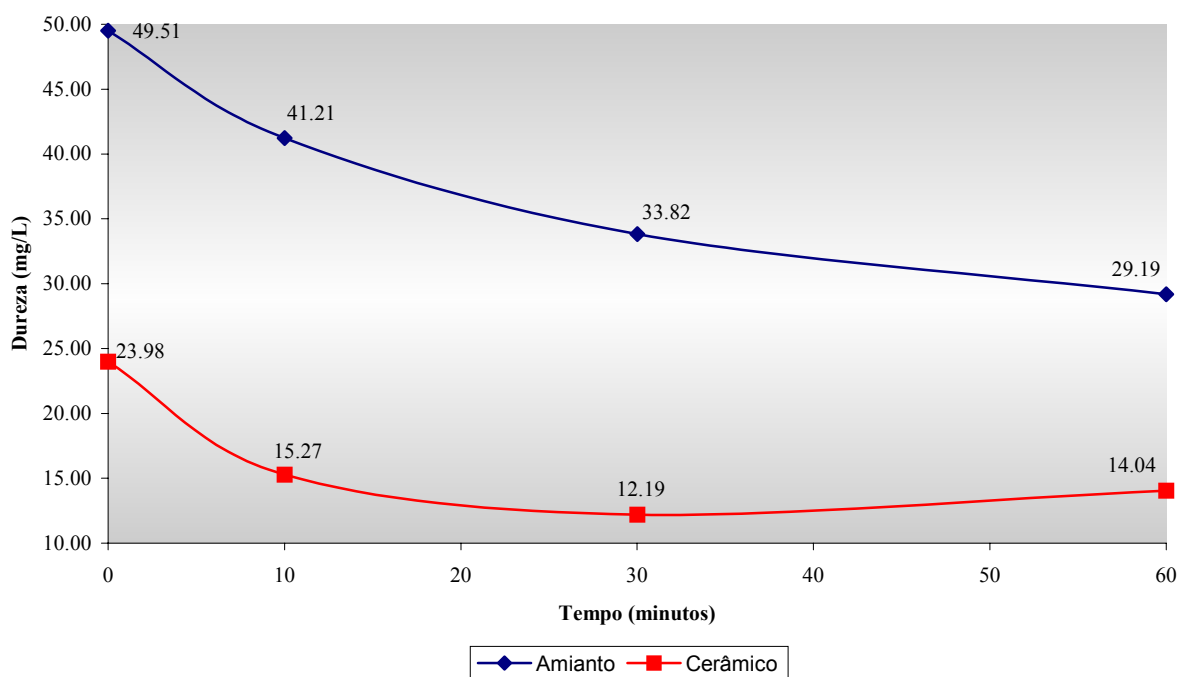


Figura 21: Evolução da dureza nos dois tipos de telhados.

### 5.1.7 DBO e DQO

A DBO da água de chuva sem a interferência dos telhados ou passando por estes, apresentou resultados semelhantes, com valores baixos, variando de 0,80 a 6,40 mg/L. A DQO seguiu a mesma tendência apresentando uma variação maior de 10 a 144mg/L. Na amostra de água coletada diretamente do dia 15/07/04 a DQO apresentou-se em 144 mg/L, bem mais elevada que as amostragens anteriores, em função da direção do vento ter feito a água passar pelo cabeamento elétrico antes de chegar ao coletor.

Tabela 20 – DBO (mg/L) – média e desvio padrão

	P1	P2, 0'	P2, 10'	P2, 30'	P2, 60'	P3, 0'	P3, 10'	P3, 30'	P3, 60'	P4
DBO	3,36	4,04	2,24	2,29	1,54	3,50	2,43	2,90	3,00	1,01
Desvio Padrão	2,19	2,33	0,49	1,56	0,42	2,19	1,31	2,41	1,50	0,72

Tabela 21 – DQO(mg/L) – média e desvio padrão

	P1	P2, 0'	P2, 10'	P2, 30'	P2, 60'	P3, 0'	P3, 10'	P3, 30'	P3, 60'	P4
DQO	49,67	74,00	29,56	21,67	18,43	55,00	31,00	22,89	24,71	12,40
Desvio Padrão	57,64	58,32	21,20	19,26	9,67	34,30	13,27	14,74	18,44	5,64

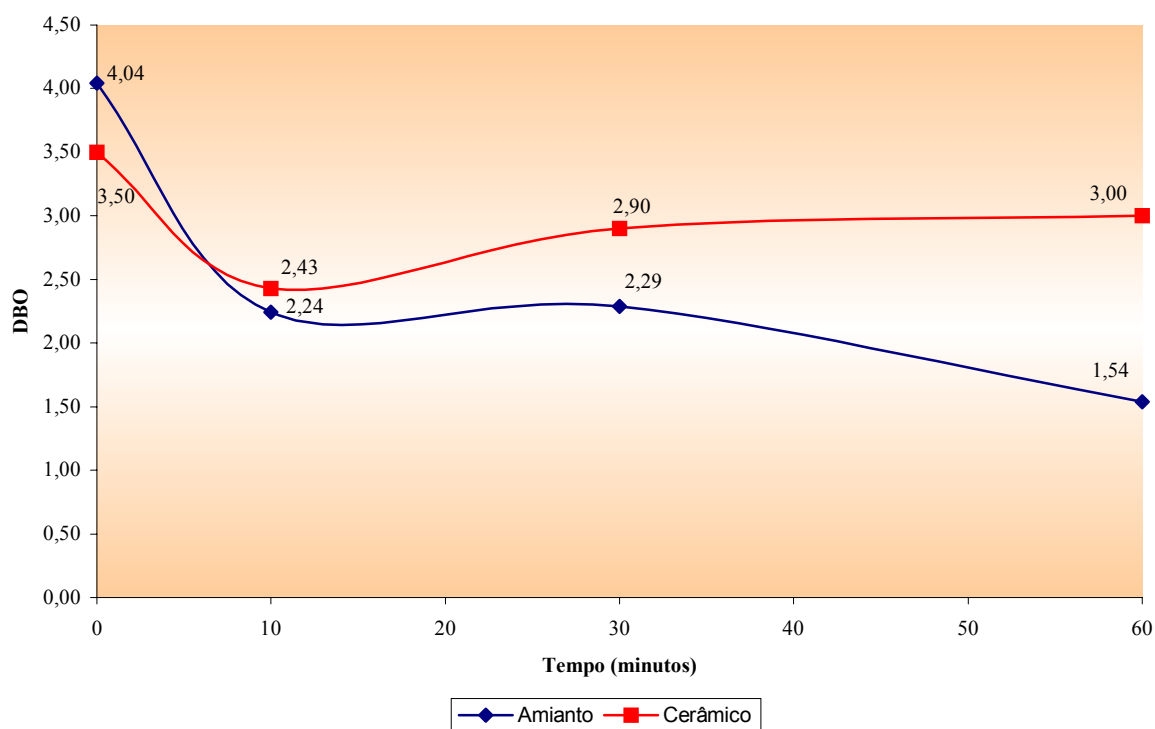


Figura 22: Evolução da DBO nas amostras coletadas após passarem pelos telhados

### 5.1.8 Nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato

O Nitrogênio presente na água nas suas diversas formas, principalmente o nitrogênio amoniacal pode caracterizar poluição recente. A portaria N°. 518 estabelece o valor máximo para água aceitável para o consumo humano de 1,50 mg/L. Os resultados obtidos não

apresentaram variações significativas devido à interferência dos telhados, encontrando-se dentro dos padrões estabelecidos para consumo estabelecidos pelo MS.

Tabela 22 – Nitrogênio Amoniacal (mg/L) – média e desvio padrão

	P1	P2, 0'	P2, 10'	P2, 30'	P2, 60'	P3, 0'	P3, 10'	P3, 30'	P3, 60'	P4
N Amon.	1,09	1,11	0,77	0,76	0,70	1,39	0,76	0,77	0,70	0,68
Desvio Padrão	0,75	0,54	0,20	0,28	0,20	1,11	0,18	0,26	0,25	0,06

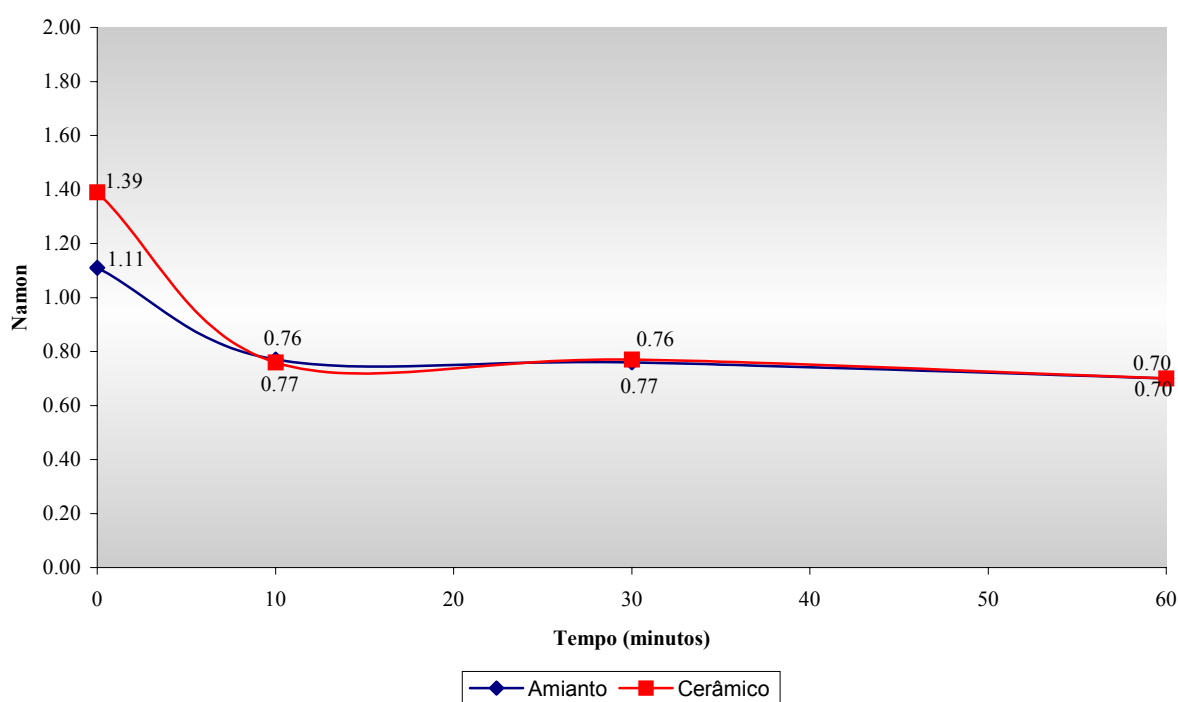


Figura 23: Evolução do Nitrogênio Amoniacal nas amostras coletadas após passarem pelos telhados

#### 5.1.9 Cálcio e magnésio

A presença desses íons na água não tem significado sanitário, porém podem ser prejudiciais aos usos doméstico e industrial porque pode dar origem a dureza das águas. Nas tubulações podem provocar incrustações e nas caldeiras reduzir a transferência de calor. Na água sem a interferência dos telhados o cálcio variou entre 0,68 e 4,36 mg/L e o magnésio de 0,57 a 1,99 mg/L. No telhado de cerâmico a variação foi de 1,28 a 9,08 para o cálcio e 0,72 a 4,20 para o magnésio. No telhado de amianto a variação do cálcio foi de 3,12 a 30,40 e a do magnésio de 1,36 a 6,08.

#### 5.1.10 Alumínio

As concentrações de alumínio foram encontradas abaixo do valor máximo permitido pela referida Portaria. O alumínio deve ser considerado quando a água é tratada utilizando-se de sais de alumínio.

#### 5.1.11 Ferro

As concentrações de Ferro foram inferiores a 0,2 mg/L (VMP – Portaria N°. 518 MS) em aproximadamente metade das amostras analisadas.

O valor máximo encontrado foi de 4,30 mg/L no dia 31/10/2004 no telhado de amianto com alta intensidade pluviométrica.

#### 5.1.12 Sólidos em suspensão (SS) e Sólidos Sedimentáveis (SSd)

Os sólidos em suspensão e os sólidos sedimentáveis apresentaram-se resultados insignificantes. Para os sólidos sedimentáveis o valor sempre foi menor que 1 mL/L. A quantidade de sólidos em suspensão apresentou-se bem variável com valores de inferiores a 1 até 249 mg/L. Valores mais elevados foram detectados nas ocorrências de chuvas com grande intensidade. Este fato se deve a velocidade que as precipitações pluviométricas exercem sobre o telhado facilitando a remoção das partículas acumuladas superfície dos mesmos. Estudos realizados na China por GUANGHUI (2001) citado por TOMAZ (2003) a concentração de poluentes variavam com a duração da chuva. Nos primeiros minutos os sólidos encontram-se em maior concentração.

#### 5.1.13 Ortofosfato e fósforo total

O ortofosfato e o fósforo total apresentaram-se em concentrações na sua maioria menores que 0,5 mg/L, tendo influência da poeira e limos acumulados nos telhados.

#### 5.1.14 Gás carbônico livre

O CO<sub>2</sub> é um componente natural das águas e que levará a formação de acidez carbônica. A acidez carbônica situa-se na faixa de pH que varia de 4,5 a 8,2. As

concentrações de gás carbônico livre variaram de 3,52 a 7,92 mg/L. Sua importância está relacionada a problemas de corrosão, tendo pouca importância no aspecto sanitário.

#### 5.1.15 Oxigênio consumido em H<sup>+</sup>

O oxigênio consumido em H<sup>+</sup> apresentou valores pequenos de concentração para a água sem passar pelos telhados - 1,20 a 3,70 mg/L. Nos telhados esse valor variou de 1,30 a 25,00 mg/L.

#### 5.1.16 Fluoreto

O teor de fluoreto determinado pela portaria é de 1,5 mg/L para o valor máximo permitido. Em todas as amostras analisadas o valor desse parâmetro ficou abaixo do estabelecido pela legislação. Geralmente os índices elevados de fluoreto são encontrados em águas subterrâneas e águas tratadas.

#### 5.1.17 Odor

O odor, em todas as amostras, apresentou-se inobjektável. Para fins de potabilidade é estabelecido que o odor seja inobjektável, mas é permitido em águas desinfetadas um leve odor de cloro.

### 5.2 Análises Bacteriológicas

Os resultados obtidos (média) estão apresentados na Tabela 12, sendo discutidos a seguir.

#### 5.2.1 Coliformes fecais

De forma geral os coliformes fecais são de origem entérica, provenientes de animais de sangue quente como gatos, ratos, pássaros, etc. Nas águas coletadas nos telhados, de cimento amianto e cerâmico, além dos coliformes fecais foram verificados coliformes totais confirmando a presença de outros tipos de poluentes depositados nas coberturas dos telhados, constatando-se que a contaminação microbiológica na atmosfera é mais rara que a contaminação química.

A água de chuva sem a interferência de superfície de coleta apresentou-se isenta de coliformes fecais, porém foi confirmada a presença desses microorganismos nas amostras de água coletadas nos telhados, o que indica a contaminação por fezes animais de sangue quente como aves e gatos. Foi observada a redução da concentração de coliformes fecais nessas amostras com o passar do tempo.

A Figura 24 compara a evolução da qualidade da água (colimetria) coletada nos telhados de cimento amianto e cerâmico.

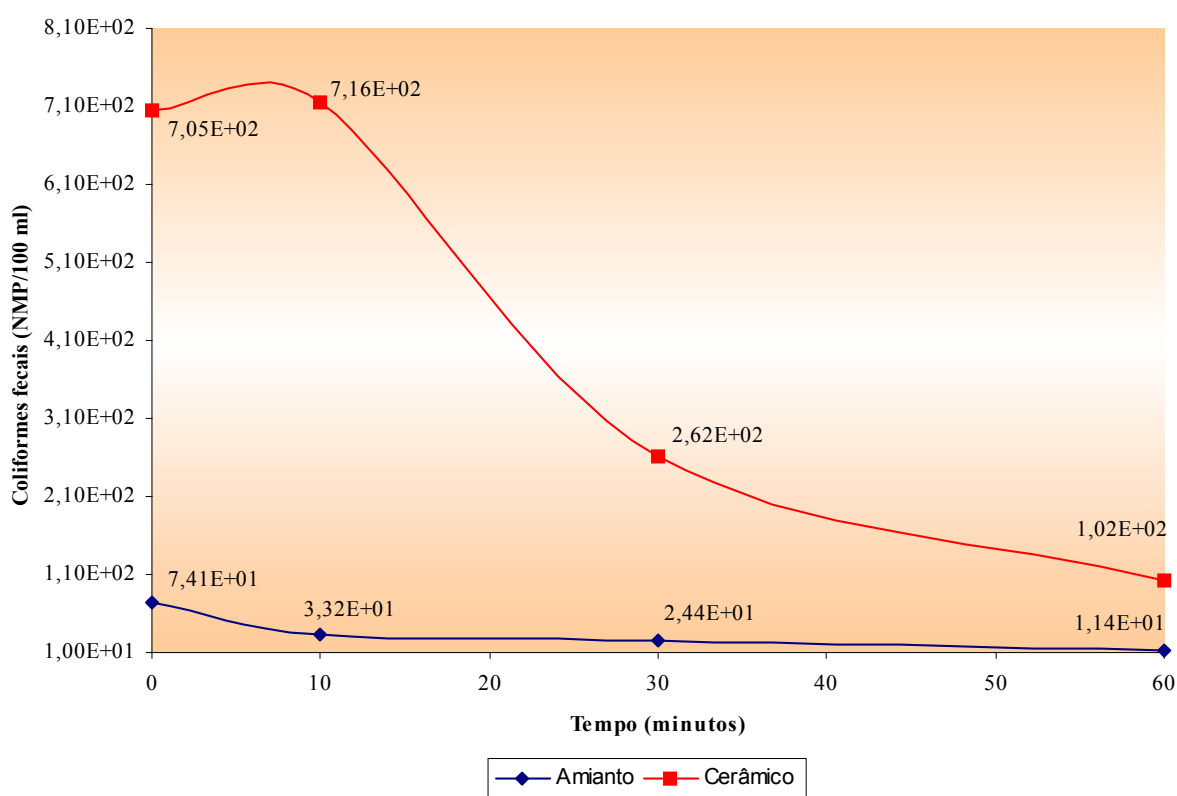


Figura 24: Evolução dos Coliformes Fecais nas amostras coletadas após passarem pelos

### 5.3 Avaliação Global da Qualidade da Água de Chuva

Com a finalidade de melhorar a visualização dos resultados obtidos quando comparados com os valores estabelecidos pela Portaria N°. 518 do Ministério da Saúde foi construída a Tabela 23.

A Tabela apresenta a média dos resultados para cada parâmetro avaliado. Os valores em vermelho identificam os parâmetros em desacordo com a Portaria N°. 518 do Ministério da Saúde.

Com exceção dos parâmetros bacteriológicos a maioria dos parâmetros avaliados atendem os limites impostos pela Portaria N°. 518/2004.

A turbidez e a cor apresentaram-se ligeiramente superiores aos limites máximos permitidos. Destaca-se que os valores utilizados para esta comparação foram às médias dos resultados. Após um período de 60 minutos a qualidade da água de chuva em relação a turbidez e a cor atendem os limites impostos pela Portaria N°. 518/2004.

Tabela 23: Média dos resultados e comparação com a Portaria N°. 518/2004 DO MS.

Parâmetro	Unidade	Telhado amianto	Telhado Cerâmico	Cisterna (telhado cerâmico)	Valor Máximo Permitido Portaria N°. 518 Ministério da Saúde
Alumínio	mg/L	0,01	0,00	0,00	0,2
Amônia (NH <sub>3</sub> )	mg/L	0,83	0,90	0,68	1,5
Cloreto	mg/L	11,92	10,90	13,95	250
Coliformes fecais	NMP	<b>6,14x10<sup>2</sup></b>	<b>2,96x10<sup>2</sup></b>	<b>1,31x10<sup>1</sup></b>	Ausência
Coliformes totais	NMP	<b>1,40x10<sup>3</sup></b>	<b>1,79x10<sup>3</sup></b>	<b>2,49x10<sup>3</sup></b>	Ausência
Cor aparente	mg PtCo/L	<b>30,04</b>	<b>21,07</b>	5,00	15
Dureza	mg/L CaCO <sub>3</sub>	38,43	16,37	11,78	500
Ferro	mg/L	<b>0,49</b>	0,21	0,02	0,3
Odor	-	Não objetável	Não objetável	Não objetável	Não objetável
Gosto	-	Não objetável	Não objetável	Não objetável	Não objetável
pH	-	7,35	6,49	<b>5,13</b>	6,0 a 9,5
Turbidez	UT	<b>8,68</b>	<b>8,24</b>	4,70	5

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 Conclusões

Baseado nos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos analisados e comparados com o que dispõe a Portaria Nº. 518/2004 do Ministério da saúde que estabelece valores aceitáveis de água para o consumo humano, para o homem utilizar a água de chuva para as suas necessidades básicas em uma edificação o estudo demonstrou que:

- Os valores de cor, turbidez e coliformes fecais encontram-se ligeiramente acima do estabelecido pela Portaria MS 518/04;
- A maioria dos parâmetros físico-químicos apresenta um decréscimo de concentração em função do tempo, logo há necessidade de descarte dos primeiros 10 minutos da água de chuva a fim de diminuir a concentração de partículas e elementos poluidores localizados nos telhados que influenciam na elevação de sólidos suspensos, turbidez, cor, coliformes fecais, DBO e DQO.
- A água de chuva não deve ser utilizada diretamente para o consumo humano. Para utilização em fins potáveis a água de chuva deve receber tratamento adequado, para atender a Portaria MS 518/04.
- Nas atividades do homem em que a água tem apenas a finalidade de afastar os dejetos, como no caso das descargas sanitárias, sua utilização pode ser feita necessitando apenas de dispositivo para a retirada de folhas e sólidos grosseiros que possam dificultar o funcionamento do sistema.
- Em áreas em que o telhado está sujeito a contato com folhas é aconselhável dispor o sistema de aproveitamento da água de chuva de um filtro para retirada de materiais grosseiros.
- Em situações em que possa ocorrer o contato acidental do homem com a água, como nos casos de rega de jardins, lavação de carros, aconselha-se a colocação de placas indicativas com a inscrição “água não potável”, colocação de dispositivo onde só os proprietários da casa, e conseqüentemente conhecedores de que naquele ponto está sendo utilizada água de chuva ou ainda colocação de pastilhas de cloro como forma de desinfecção.



- Para fins potáveis a água de chuva requer tratamento para remover cor, turbidez e coliformes fecais, parâmetros que se apresentaram acima do máximo permitido pela portaria do Ministério da Saúde.
- Em sistemas domiciliares de água de chuva, não deverá existir ligação entre a água potável e a água de chuva, para impedir a contaminação da água potável pelos microorganismos presentes na água de chuva.
- A água de chuva possui características de serem tratadas, canalizadas e armazenadas para distribuição e utilizadas para os mais diversos fins desde que recebam tratamento adequado.
- A água de chuva armazenada sem tratamento adequado pode ser utilizada apenas para consumo não potável. Entretanto, a água de chuva tem potencial para utilização na descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins, na lavagem de calçadas e pátios, em sistemas de ar-condicionado e em sistemas de combate de incêndios, entre outros.
- Para que não ocorram riscos a saúde de seus usuários deve-se verificar a qualidade da água de chuva da região em que esta será utilizada, bem como as finalidades de sua utilização.

## **6.2 Recomendações**

Diante das conclusões citadas anteriormente e do cenário atual referente ao tema, recomenda-se:

- Continuação do estudo de captação de água de chuva, principalmente quanto às alternativas para tratamento, a fim de que se possa utilizar todo o potencial desse recurso disponível numa edificação;
- Elaboração de publicação técnica com o tema captação, qualidade e aproveitamento a fim de informar a sociedade, e seus diversos atores (população, administradores públicos, legisladores municipais, estaduais e federais, engenheiros e técnicos) a importância do tema em questão.
- Inclusão da definição de água para consumo humano na Portaria Nº. 518 de 2004 do Ministério da Saúde. Durante o estudo ocorreu o seguinte questionamento: A água destinada ao consumo humano é somente a utilizada pelo homem para ingestão ou a água a ser utilizada pelo consumo nos diversos usos que este faz na sua residência. Tal definição servirá para estabelecer em quais pontos pode ser utilizada água potável e quais pontos podem-se utilizar a água de chuva em uma residência.

- Elaboração de legislação específica pertinente ao assunto, pelos órgãos responsáveis com a finalidade de estabelecer as regras de utilização da água de chuva em residências, comércios, indústrias, escolas e demais edificações.
- Em empreendimentos onde se utiliza um volume grande de água o sistema de captação de água de chuva traz economia de gastos, além contribuir na minimização da falta de água e preservação ambiental.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Norma Técnica. NBR 9896 - Glossário de Poluição das Águas. Rio de Janeiro, 1993.

ADHITYAN, A. A dual-mode system for harnessing roof water for non-potable uses. *Urban Water*, 1 (4), 318-321, 1999.

ANDRADE NETO, C. O., Segurança Sanitária das Águas de Cisternas Rurais. 4o. Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva. Disponível em <<http://www.aguadechuva.hpg.ig.com.br/4simposio/abc.htm>> acessado em 15/12/2004.

AZEVEDO NETO, J.M., Aproveitamento de Águas de chuva para Abastecimento, *BIO* Ano III, No. 2, p 44-48, ABES, Rio de Janeiro, 1991.

ASA – ARTICULAÇÃO NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO Disponível em [http://www.asabrasil.org.br/body\\_clipping13.htm](http://www.asabrasil.org.br/body_clipping13.htm) acessado em 15/12/2004.

ATLAS DE SANTA CATARINA. Rio de Janeiro, Aerofoto Cruzeiro, 1986, 173 p.

BOTELHO, M.H., Águas de Chuva. Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades. São Paulo, 1985.

BRANCO, S. M., PORTO, R.L.; Hidrologia Ambiental. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, V 3: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Editora da Universidade de São Paulo, SP. 1991.

BIO Nº 19 – O uso da água começa a ser tributado. *Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente*. Ano XI, Nº 19 – julho setembro 2001.

CÂMARA MUNICIPAL DE CURITIBA. Lei Municipal Nº. 10.785 de 18/09/03 de Curitiba Disponível em <http://www.cmc.pr.gov.br> acessado em 14/12/04.

CETESB, 1987. Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água. 1ª ed. São Paulo, 155p.

CHOW, V.T., Handbook of applied Hidrology, McGray-Hill. New York, 1959.

DE MELLO, W.Z., MOTTA, J.S.T., Acidez na chuva. *Revista Ciência Hoje*, Vol. 6, Nº 34, p. 40-43, ago. 1987.

E-CIVIL PROGRAMAS PARA ENGENHARIA. Disponível em [www.ecivilnet.com/artigos/fibrocimento/como\\_manusear.htm](http://www.ecivilnet.com/artigos/fibrocimento/como_manusear.htm) acessado em 07/11/2004.

EPAGRI-SC. Gerência de Recursos Naturais. Estação Meteorológica de Florianópolis. Estação Meteorológica Principal, 1998.

FIGUEREDO, D.V. Chuva ácida – Setor de Controle da Poluição – SAP. Disponível em [www.cetec.br/cetec/papers/chuva.html](http://www.cetec.br/cetec/papers/chuva.html) acessado em 22 de setembro de 2004.

GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G.A. Hidrologia 2ª. Edição, 291 p., Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1988.

GONÇALVES, V. B., Estudo de Viabilidade para Implantação de um Sistema de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva do Prédio de Salas de Aula do Centro Tecnológico. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2004.

GNADLINGER, J., Relatório sobre a participação no 3º Fórum Mundial da Água, Tóquio, 2003. Disponível em [www.abcmac.org.br/docs/relatorio3forum.pdf](http://www.abcmac.org.br/docs/relatorio3forum.pdf) acessado em 10 de setembro de 2004.

GROUP RAINDROPS. Aproveitamento de Água de Chuva. Curitiba, 2002.

GROUP RAINDROPS. Rainwater and you: 100 ways to use rainwater. Group Raindrops, Tóquio, 1995.

HAAG, H. P. – Chuvas ácidas. Fundação Cargill. Campinas, SP, 1985.

HANSEN, S., Aproveitamento de Água de Chuva em Florianópolis. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 1996.

IWANAMI, H. Rainwater utilization system in building. In CIBW62 SEMINAR, Tokyo Japan. Proceeding. 1985.

KELMAN, G., Revista Aguaonline, <http://www.sosmatatlantica.org.br/> acessado em 15/10/2004.

LISBOA, H.M., COSTA, R.H.R., WALTORTT, L.M.B., Análise da Qualidade das Águas de Chuva no Campus Universitário da UFSC no Período de Maio de 1991 a Janeiro de 1992, VII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Volume II, p 961-865, São Paulo.

MAESTRI, R. S., Análise Custo-Benefício para o Aproveitamento de Água de Chuva em Florianópolis. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2003.

MAY, S.; PRADO, R.T.A., Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações, Dissertação de Mestrado do Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

MACEDO, J.A.B., Águas & Águas, Ortofarma, Juiz de Fora, MG, 2000, 505 p.

MILANO, L.B.M.; LUCA, S.J.; ROSAURO, N.M.L.; & CASTRO, C.M.B. (1989). Análise da Qualidade da Água de Chuva na Região Metropolitana de Porto Alegre e Fatores Meteorológicos Associados. Revista Brasileira de Engenharia, caderno de Recursos Hídricos, vol. 7. no. 2.

NERILO, N. Pluviometria e chuvas intensas no Estado de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Curso de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.168 p.

OLIVEIRA, Y.V. Balanço Hídrico Seriado como base para o Planejamento de Captação de Água de Chuva para Utilização em Propriedades Rurais na Região de Chapecó - SC. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Curso de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

PACHECO, L. B., Aproveitamento de Água de Chuva: Estudos de Casos em Florianópolis. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2003.

PALMIER, L. R. A necessidade das bacias experimentais para a avaliação da eficiência de técnicas alternativas de captação de água na região semi-árida do Brasil. III Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-árido. Paraíba, 2001. Anais. Paraíba: ABRH, 2001. CD-ROM.

PERDOMO, C.C., FIGUEREDO, E.A.P.; Critérios para a Captação e Aproveitamento da Água da Chuva na Avicultura de Corte. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/artigos/2004/artigo-2004-n002.html>;ano=2004, acessado em 14/10/2004.

PIAZZA, W.F.; Santa Catarina: Sua História, Editora Lunardelli, Florianópolis, 1983.

PORTO, R. L *et al.*. Hidrologia Ambiental. Coleção ABRH, Volume 3, Edusp, São Paulo, 1991.

PROGRAMA AMBIENTAL A ULTIMA ARCA DE NOË. Disponível em <http://www.aultimaarcadenoe.com.br/aguaspluviais.htm>., acessado em 15/10/2004.

SAMA – Mineração de Amianto Ltda. Disponível em [www.sama.com.br/amianto/apresent.htm](http://www.sama.com.br/amianto/apresent.htm) acessado em 07/11/2004.

SILVA, A.S.; BRITO, L.T.L, ROCHA, H.M. Captação de água da chuva no semi-árido brasileiro: Cisternas rurais II Água para Consumo Humano. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA/MINTER-SUDENE, 80 p, 1988.

SOARES, D. A. F. *et al.*. Considerações a respeito da reutilização das águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 12., Vitória, 1999. Anais. Vitória: ABRH, 1999.

STALLARD, R.F.; EDMOND, J.M., Gechemistry of the Amazon precipitation chemistry and the marine contribution to the dissolved load at the time of peak discharge. Journal Geophysical Research, 86 (680), 1981.

TOMAZ, P., Economia de água para empresas e residências. Editora Navegar. São Paulo, 2001, 112 p.

TOMAZ, P., Aproveitamento da Água de Chuva. Editora Navegar. São Paulo, 2003, 180 p.

TUCCI, C.E.M., Hidrologia: ciência e aplicação. Editora da Universidade: ABRH: EDUSP. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4. Porto Alegre, 1a. Edição, 1993.

VAES & BERLAMONT, J. The effect of rainwater storage tanks on design storms. Urban Water, 304-307, 2001.

VIDAL, R.T., Agua de iluvia – agua saludable- Publicacion del Proyiecto de Apoyo a la Reformma del Sector Salude de Guatemala. “APRESAL” Coemision Europea. Impreso em M’ks Comunicacion. Abril 2000 – República da Guatemala, 2002.

VILLIERS, M., Água; tradução José Kocerginsky – Rio de Janeiro, 2002, 457 p.

VON SPERLING, M.; Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos, v 1, 1ª Edição, Belo Horizonte DESA-UFG, 240 p, 1995.

ZAIZEN, M. et al. The collection of rainwater from drome stadiums in Japan. Urban Water, 1 (4), 356-359, 1999.

## **8 ANEXOS**

## ANEXO 1 – TABELAS DAS AMOSTRAGENS REALIZADAS



[illegible]

Tabela 3: Resultados obtidos na terceira amostragem de coleta de água de chuva – 22/09/04

Parâmetro	P1	P2. 0	P2. 10	P2. 30	P2. 60	P3. 0	P3. 10	P3. 30	P3. 60
pH	5,55	6,91	7,05	7,43	-	6,55	6,89	6,91	-
Alcalinidade (mg/L)	1,00	20,30	23,20	31,00	-	2,50	1,50	2,20	-
Condutividade (µS)	23,00	62,00	53,00	72,00		34,00	17,00	21,00	
Cloretos (mg/L)	10,50	19,00	15,00	15,50	-	20,50	15,50	18,00	-
Cor (uH)	20,00	35,00	25,00	25,00	-	35,00	20,00	30,00	-
Turbidez (uT)	6,14	1,31	6,13	6,47	-	10,10	4,95	8,37	-
DBO (mg/L)	6,20	5,40	2,20	2,00	-	5,40	4,00	6,40	-
DQO (mg/L)	41,00	30,00	20,00	23,00	-	85,00	44,00	18,00	-
Nitrog. Amon. (mg/L)	2,30	1,00	0,90	0,60	-	1,40	0,90	1,00	-
Nitrito (mg/L)	0,20	0,35	0,34	0,59	-	0,29	0,16	0,22	-
Nitrato (mg/L)	0,50	0,50	0,50	0,50	-	0,50	0,50	0,50	-
Fósforo Total (mg/L)	0,20	0,53	0,20	0,28	-	0,47	0,20	0,34	-
Ortofosfato (mg/L)	0,35	0,20	0,20	0,20	-	0,20	0,20	0,20	-
SS (mg/L)	26,00	42,00	7,40	7,00	-	41,00	7,20	6,00	-
SST (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	
Coliformes Totais NMP	3,90E+01	2,40E+03	2,40E+03	2,40E+03	-	2,40E+03	2,40E+03	2,40E+03	-
Coliformes Fecais NMP	0,00E+00	1,80E+01	7,40E+00	3,50E+00	-	8,50E+00	7,70E+01	9,20E+01	-
Gas carbonico livre (mg/L)	4,40	4,40	4,40	4,40	-	4,40	4,40	4,40	-
Dureza (mg/L)	19,20	14,20	30,60	43,00	-	30,90	13,10	9,90	-
Fluoretos (mg/L)	0,11	0,00	0,18	0,02	-	0,00	0,17	0,00	-
Oxigênio consumido em H+	2,50	6,40	4,50	4,20	-	5,40	3,60	4,40	-
Cálcio (mg/L)	4,36	3,12	9,36	12,96	-	9,08	3,36	2,08	-
Magnésio (mg/L)	1,99	1,53	1,72	2,54	-	1,96	1,12	1,12	-
Ferro (mg/L)	0,02	0,07	0,02	0,01	-	0,31	0,01	0,00	-
Alumínio (mg/L)	0,05	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	-
Aspecto	Claro	Claro	Levemente Amarelado	Levemente Amarelado	-	Amarelo	Claro	Amarelado	-
Odor	Inobjetével	Inobjetével	Inobjetével	Inobjetével	-	Inobjetével	Inobjetével	Inobjetével	-

Tabela 4: Resultados obtidos na quarta amostragem de coleta de água de chuva – 13/10/04

[illegible]

[illegible][illegible]

Tabela 6: Resultados obtidos na sexta amostragem de coleta de água de chuva – 31/10/04

[illegible]

Tabela 7: Resultados obtidos na sétima amostragem de coleta de água de chuva – 03/11/04

Parâmetro	P1	P2. 0	P2. 10	P2. 30	P2. 60	P3. 0	P3. 10	P3. 30	P3. 60
pH	5,80	7,06	7,21	7,19	-	6,85	6,90	6,80	-
Alcalinidade (mg/L)	1,90	23,00	9,90	26,80	-	6,30	5,00	4,20	-
Condutividade (µS)	10,00	63,00	22,00	59,00	-	21,00	63,00	11,00	-
Cloretos (mg/L)	10,00	10,50	10,00	11,50	-	10,00	10,50	10,00	-
Cor (uH)	10,00	35,00	15,00	15,00	-	35,00	10,00	10,00	-
Turbidez (uT)	10,00	6,08	4,14	2,56	-	8,80	2,44	3,26	-
DBO (mg/L)	4,30	-	1,90	1,50	-	-	2,40	1,80	-
DQO (mg/L)	44,00	134,00	10,00	10,00	-	89,00	27,00	10,00	-
Nitrog. Amon. (mg/L)	1,00	0,90	0,70	0,80	-	1,10	0,90	0,90	-
Nitrito (mg/L)	0,27	0,47	0,24	0,33	-	0,23	0,18	0,19	-
Nitrato (mg/L)	0,50	0,50	0,50	0,50	-	0,50	0,50	0,50	-
Fósforo Total (mg/L)	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-
Ortofosfato (mg/L)	0,13	0,30	0,43	0,17	-	0,32	0,17	0,36	-
SS (mg/L)	11,00	19,00	24,00	3,00	-	73,00	23,00	-	-
SST (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	-
Coliformes Totais NMP	2,40E+03	2,40E+03	4,60E+02	7,20E+02	-	2,40E+03	2,40E+03	2,40E+03	-
Coliformes Fecais NMP	0,00E+00	8,60E+01	1,00E+00	0,00E+00	-	9,80E+00	2,00E+01	9,00E+01	-
Gás carbonico livre (mg/L)		4,40	4,40	4,40	-	4,40	4,40	4,40	-
Dureza (mg/L)	-	58,00	37,00	42,00	-	25,00	8,00	9,00	-
Fluoretos (mg/L)	0,19	0,51	0,41	0,40	-	0,29	0,12	0,28	-
Oxigênio consumido em H+	-	25,00	6,80	5,60	-	17,00	3,00	2,80	-
Cálcio (mg/L)	-	18,40	7,60	11,60	-	6,80	1,64	1,84	-
Magnésio (mg/L)	-	2,88	4,32	3,12	-	1,92	0,93	1,05	-
Ferro (mg/L)	0,02	2,57	0,46	0,15	-	0,71	0,19	0,00	-
Alumínio (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,15	-	0,00	0,05	0,00	-
Aspecto	Claro	Amarelo	Claro	Claro	-	Amarelo	Claro	Claro	-
Odor	Inobjetivo	Inobjetivo	Inobjetivo	Inobjetivo	-	Objetivo desinfetante	Inobjetivo	Inobjetivo	-

## **ANEXO 2 - DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA**

A utilização da água de chuva compreende a captação na área do telhado da própria edificação com adequação de dispositivos e equipamentos que favoreçam a coleta, armazenamento e distribuição da água.

Para o dimensionamento de um sistema de água de chuva os principais fatores são:

Demanda necessária: volume ao qual será necessário se obter para suprir as necessidades do fim proposto;

Precipitação: O valor de chuva que precipita sobre um determinado local é importantíssimo para definir o volume a ser coletado;

Área de Coleta: Superfície destinada à coleta da água de chuva.

O sistema de coleta e armazenamento de água de chuva é composto dos seguintes componentes:

a) Área de captação: local onde a chuva precipita a fim de ser captada. É importante no dimensionamento do volume de reservação, pois quanto mais for a área de captação maior será o volume de água de chuva capturado e armazenado. A área de captação deve suprir a demanda de consumo de água.

b) Calhas e tubo de queda: Conduitos que levam a água captada até o reservatório. As calhas são dispostas na horizontal e os conduitos na vertical. Os dimensionamentos desses componentes devem seguir a NBR 10844.

c) Dispositivo de descarte das “primeiras águas”: componente utilizado para descartar a água que lava a área de captação, local onde se acumula poeira, fuligem e outros contaminantes atmosféricos que podem alterar a qualidade da água. Segundo GROUPS RAINDROPS (2002) deve-se descartar a precipitação de 1 mm, não se utilizando esta água. Para este descarte pode-se dispor de desvio manual da água ou dispositivos instalados em bóias de tanques intermediários.

d) Separador de materiais grosseiros: dispositivo utilizado para a separação de galhos, folhas e outros materiais que podem ser depositados na área de captação. Existem no mercado filtros produzidos para esta função, podendo também ser fabricados.

e) Reservatórios: A água captada é armazenada em um reservatório inferior – cisterna que pode ser fabricado de diversos materiais como: fibra de vidro reforçada, polietileno, aço carbono ou fabricadas no local em concreto armado, alvenaria estrutural ou ferrocimento.

f) Bombeamento: É utilizado para transportar a água da cisterna para o reservatório superior.

g) Distribuição: tubulações e conexões utilizadas para distribuir a água para os diversos equipamentos da edificação.

Para o dimensionamento do sistema é necessário que primeiramente seja estimado o consumo de água a ser utilizado na unidade, seja ela uma residência, escola, posto de gasolina, etc.

Para se estabelecer um roteiro adequado serão calculadas as unidades do sistema de captação de água de chuva para uma residência de 5 pessoas. Deve-se estabelecer também para que fins a água de chuva será utilizada.

#### a) Consumo de água

O Consumo de água será determinado através dos locais onde a água de chuva será utilizada. Nesse exemplo será suposto a utilização somente para as descargas de vasos sanitários. Será feito um cálculo de consumo estimado levando em consideração a utilização somente descarga. Adotando-se o sistema de descarga tipo caixa acoplada que gasta 6 litros por utilização. Será adotado 4 utilizações de descarga por pessoa por dia.

Logo o calculo necessário para determinação do volume dia será:

$$V = N * D * v$$

$$V = 5 * 4 * 6$$

$$V = 120 \text{ l/dia}$$

#### b) Volume do reservatório

Para determinação do volume de reservação será apresentado o calculo do volume precipitado em função de dados meteorológicos de precipitação da região, adotando-se o método de Weibull para um período de retorno de 3 anos, que determina o número máximo de dias consecutivos sem chuva para Florianópolis – 24 dias. Para um período de retorno de 3 anos. (HANZEN, 1998).



Número Máximo de Dias sem Chuva:  $D = 24$

$$V = Q * D$$

$$V = 120 * 24$$

$$V = 2880 \text{ litros}$$

c) Área de captação

Com os dados da precipitação média foi encontrada a área necessária para suprir as necessidades de água para a residência, adotando um coeficiente de runoff de 0,90 para as telhas de plástico. A precipitação do pior mês em Florianópolis é de 75 mm.

$$V = A * P * c$$

$$4800 = A * 75 * 0,90$$

$$A = 42,66 \text{ m}^2$$

A bibliografia pesquisada, aliada à série de amostragens de água de chuva, mostrou que a utilização da água de chuva é viável.

Para os pontos de distribuição de água onde não exista a necessidade de potabilidade (descargas de caixas d'água, regas de jardim, etc.) deve-se utilizar apenas um dispositivo para retirada das “primeiras águas” e outro para excluir materiais grosseiros como folhas e galhos de árvores. Quando a utilização da água requerer potabilidade a água deverá passar por um tratamento para desinfecção da mesma.

Com isso o fluxograma para a coleta e aproveitamento da água de chuva da residência fica da seguinte forma:

- Área de captação de 43 m<sup>2</sup>;
- Calhas e condutores verticais;
- Dispositivo para descarte das “primeiras águas”;
- Reservatório Inferior 3.000 litros;
- Bomba 1/3 CV;
- Reservatório Superior 500 litros
- Tubulação exclusiva de água Chuva – TAC

## c) Custos de implantação

Os valores incluem o preço do material e mão-de-obra.

Tabela 1: Estimativa de custos para implantação do sistema de captação

	Valor (R\$)
Calhas e condutores	302,50
Kit água (Filtro F1 + Freno de água)	1.437,85
Cisterna – Construída pelo proprietário	2.100,00
Instalação Hidráulica (Bomba + TAC)	901,09
TOTAL	4.741,44
FONTE: Bella Calha	

Tabela 2: Estimativa de custos para implantação do sistema de captação

	Valor (R\$)
Calhas e condutores	302,50
Kit água (Filtro F1 + Freno de água)	1.437,85
Cisterna	3.900,00
Instalação Hidráulica (Bomba + TAC)	901,09
TOTAL	6.541,44
FONTE: Bella Calha	

**ANEXO 3 – DADOS DE PRECIPITAÇÃO DIÁRIA DA ESTAÇÃO  
METEREOLÓGICA DA LAGOA DO PERI – FLORIANÓPOLIS – SC.**

DATA	HORA	NIVEL (cm)	PRECIPITACAO (mm)
1/6/2004	07:00:00	113,0	10,1
1/6/2004	17:00:00	113,0	
2/6/2004	07:00:00	113,0	8,4
2/6/2004	17:00:00	113,0	
3/6/2004	07:00:00	113,0	12,7
3/6/2004	17:00:00	113,0	
4/6/2004	07:00:00	112,0	1,6
4/6/2004	17:00:00	113,0	
5/6/2004	07:00:00	113,0	0,9
5/6/2004	17:00:00	112,0	
6/6/2004	07:00:00	112,0	0,0
6/6/2004	17:00:00	112,0	
7/6/2004	07:00:00	113,0	1,0
7/6/2004	17:00:00	112,0	
8/6/2004	07:00:00	112,0	0,0
8/6/2004	17:00:00	111,0	
9/6/2004	07:00:00	110,0	0,0
9/6/2004	17:00:00	110,0	
10/6/2004	07:00:00	110,0	0,0
10/6/2004	17:00:00	112,0	
11/6/2004	07:00:00	113,0	10,6
11/6/2004	17:00:00	110,0	
12/6/2004	07:00:00	115,0	42,3
12/6/2004	17:00:00	115,0	
13/6/2004	07:00:00	114,0	0,0
13/6/2004	17:00:00	114,0	
14/6/2004	07:00:00	114,0	0,0
14/6/2004	17:00:00	110,0	
15/6/2004	07:00:00	111,0	0,0
15/6/2004	17:00:00	111,0	
16/6/2004	07:00:00	111,0	0,0
16/6/2004	17:00:00	111,0	
17/6/2004	07:00:00	110,0	0,0

17/6/2004	17:00:00	110,0	
18/6/2004	07:00:00	110,0	0,0
18/6/2004	17:00:00	110,0	
19/6/2004	07:00:00	110,0	0,0
19/6/2004	17:00:00	110,0	
20/6/2004	07:00:00	110,0	0,0
20/6/2004	17:00:00	109,0	
21/6/2004	07:00:00	109,0	0,0
21/6/2004	17:00:00	109,0	
22/6/2004	07:00:00	109,0	0,0
22/6/2004	17:00:00	109,0	
23/6/2004	07:00:00	109,0	0,0
23/6/2004	17:00:00	109,0	
24/6/2004	07:00:00	108,0	0,0
24/6/2004	17:00:00	107,0	
25/6/2004	07:00:00	107,0	0,0
25/6/2004	17:00:00	106,0	
26/6/2004	07:00:00	106,0	0,0
26/6/2004	17:00:00	106,0	
27/6/2004	07:00:00	106,0	0,0
27/6/2004	17:00:00	105,0	
28/6/2004	07:00:00	105,0	0,0
28/6/2004	17:00:00	105,0	
29/6/2004	07:00:00	104,0	0,0
29/6/2004	17:00:00	104,0	
30/6/2004	07:00:00	104,0	0,0
30/6/2004	17:00:00	106,0	
1/7/2004	07:00:00	106,0	0,0
1/7/2004	17:00:00	104,0	
2/7/2004	07:00:00	104,0	6,6
2/7/2004	17:00:00	103,0	
3/7/2004	07:00:00	103,0	0,0
3/7/2004	17:00:00	103,0	
4/7/2004	07:00:00	103,0	8,5
4/7/2004	17:00:00	103,0	
5/7/2004	07:00:00	103,0	2,3
5/7/2004	17:00:00	103,0	
6/7/2004	07:00:00	103,0	0,0
6/7/2004	17:00:00	102,0	

7/7/2004	07:00:00	102,0	0,0
7/7/2004	17:00:00	102,0	
8/7/2004	07:00:00	103,0	8,9
8/7/2004	17:00:00	103,0	
9/7/2004	07:00:00	103,0	6,2
9/7/2004	17:00:00	103,0	
10/7/2004	07:00:00	103,0	0,0
10/7/2004	17:00:00	102,0	
11/7/2004	07:00:00	102,0	0,5
11/7/2004	17:00:00	102,0	
12/7/2004	07:00:00	102,0	0,0
12/7/2004	17:00:00	102,0	
13/7/2004	07:00:00	102,0	0,0
13/7/2004	17:00:00	102,0	
14/7/2004	07:00:00	101,0	0,0
14/7/2004	17:00:00	100,0	
15/7/2004	07:00:00	100,0	10,7
15/7/2004	17:00:00	101,0	
16/7/2004	07:00:00	102,0	14,5
16/7/2004	17:00:00	102,0	
17/7/2004	07:00:00	102,0	3,1
17/7/2004	17:00:00	102,0	
18/7/2004	07:00:00	102,0	0,0
18/7/2004	17:00:00	101,0	
19/7/2004	07:00:00	101,0	0,0
19/7/2004	17:00:00	101,0	
20/7/2004	07:00:00	101,0	4,6
20/7/2004	17:00:00	101,0	
21/7/2004	07:00:00	101,0	0,5
21/7/2004	17:00:00	101,0	
22/7/2004	07:00:00	101,0	1,8
22/7/2004	17:00:00	101,0	
23/7/2004	07:00:00	100,0	0,1
23/7/2004	17:00:00	100,0	
24/7/2004	07:00:00	100,0	0,0
24/7/2004	17:00:00	100,0	
25/7/2004	07:00:00	100,0	0,0
25/7/2004	17:00:00	100,0	
26/7/2004	07:00:00	99,0	0,0

26/7/2004	17:00:00	99,0	
27/7/2004	07:00:00	99,0	0,0
27/7/2004	17:00:00	99,0	
28/7/2004	07:00:00	99,0	0,5
28/7/2004	17:00:00	99,0	
29/7/2004	07:00:00	99,0	0,0
29/7/2004	17:00:00	99,0	
30/7/2004	07:00:00	98,0	0,1
30/7/2004	17:00:00	98,0	
31/7/2004	07:00:00	98,0	3,6
31/7/2004	17:00:00	98,0	
1/8/2004	07:00:00	98,0	0,0
1/8/2004	17:00:00	98,0	
2/8/2004	07:00:00	97,0	0,0
2/8/2004	17:00:00	97,0	
3/8/2004	07:00:00	97,0	0,0
3/8/2004	17:00:00	97,0	
4/8/2004	07:00:00	97,0	0,0
4/8/2004	17:00:00	94,0	
5/8/2004	07:00:00	94,0	0,0
5/8/2004	17:00:00	94,0	
6/8/2004	07:00:00	94,0	0,0
6/8/2004	17:00:00	94,0	
7/8/2004	07:00:00	94,0	0,0
7/8/2004	17:00:00	94,0	
8/8/2004	07:00:00	94,0	1,2
8/8/2004	17:00:00	93,0	
9/8/2004	07:00:00	93,0	0,0
9/8/2004	17:00:00	93,0	
10/8/2004	07:00:00	93,0	0,0
10/8/2004	17:00:00	92,0	
11/8/2004	07:00:00	92,0	0,0
11/8/2004	17:00:00	92,0	
12/8/2004	07:00:00	92,0	0,0
12/8/2004	17:00:00	92,0	
13/8/2004	07:00:00	92,0	0,0
13/8/2004	17:00:00	91,0	
14/8/2004	07:00:00	91,0	0,0
14/8/2004	17:00:00	91,0	

15/8/2004	07:00:00	92,0	0,0
15/8/2004	17:00:00	90,0	
16/8/2004	07:00:00	90,0	0,1
16/8/2004	17:00:00	90,0	
17/8/2004	07:00:00	90,0	0,0
17/8/2004	17:00:00	89,0	
18/8/2004	07:00:00	89,0	0,1
18/8/2004	17:00:00	89,0	
19/8/2004	07:00:00	89,0	0,0
19/8/2004	17:00:00	89,0	
20/8/2004	07:00:00	89,0	0,0
20/8/2004	17:00:00	88,0	
21/8/2004	07:00:00	88,0	0,0
21/8/2004	17:00:00	88,0	
22/8/2004	07:00:00	89,0	0,1
22/8/2004	17:00:00	88,0	
23/8/2004	07:00:00	89,0	0,0
23/8/2004	17:00:00	89,0	
24/8/2004	07:00:00	88,0	0,0
24/8/2004	17:00:00	88,0	
25/8/2004	07:00:00	88,0	0,0
25/8/2004	17:00:00	88,0	
26/8/2004	07:00:00	87,0	0,0
26/8/2004	17:00:00	86,0	
27/8/2004	07:00:00	86,0	3,3
27/8/2004	17:00:00	87,0	
28/8/2004	07:00:00	89,0	17,6
28/8/2004	17:00:00	88,0	
29/8/2004	07:00:00	88,0	0,8
29/8/2004	17:00:00	88,0	
30/8/2004	07:00:00	88,0	0,0
30/8/2004	17:00:00	88,0	
31/8/2004	07:00:00	87,0	0,0
31/8/2004	17:00:00	87,0	
1/9/2004	07:00:00	87,0	0,0
1/9/2004	17:00:00	87,0	
2/9/2004	07:00:00	87,0	0,0
2/9/2004	17:00:00	87,0	
3/9/2004	07:00:00	86,0	0,0

3/9/2004	17:00:00	86,0	
4/9/2004	07:00:00	86,0	0,0
4/9/2004	17:00:00	86,0	
5/9/2004	07:00:00	86,0	0,0
5/9/2004	17:00:00	85,0	
6/9/2004	07:00:00	85,0	0,0
6/9/2004	17:00:00	85,0	
7/9/2004	07:00:00	85,0	0,0
7/9/2004	17:00:00	84,0	
8/9/2004	07:00:00	84,0	0,0
8/9/2004	17:00:00	84,0	
9/9/2004	07:00:00	84,0	0,0
9/9/2004	17:00:00	83,0	
10/9/2004	07:00:00	83,0	0,3
10/9/2004	17:00:00	83,0	
11/9/2004	07:00:00	83,0	0,7
11/9/2004	17:00:00	84,0	
12/9/2004	07:00:00	84,0	6,0
12/9/2004	17:00:00	83,0	
13/9/2004	07:00:00	83,0	9,1
13/9/2004	17:00:00	83,0	
14/9/2004	07:00:00	84,0	7,8
14/9/2004	17:00:00	86,0	
15/9/2004	07:00:00	87,0	21,2
15/9/2004	17:00:00	87,0	
16/9/2004	07:00:00	87,0	0,0
16/9/2004	17:00:00	86,0	
17/9/2004	07:00:00	86,0	0,0
17/9/2004	17:00:00	87,0	
18/9/2004	07:00:00	87,0	0,2
18/9/2004	17:00:00	86,0	
19/9/2004	07:00:00	86,0	0,1
19/9/2004	17:00:00	86,0	
20/9/2004	07:00:00	85,0	0,0
20/9/2004	17:00:00	85,0	
21/9/2004	07:00:00	85,0	0,0
21/9/2004	17:00:00	85,0	
22/9/2004	07:00:00	85,0	0,0
22/9/2004	17:00:00	85,0	



23/9/2004	07:00:00	86,0	9,6
23/9/2004	17:00:00	86,0	
24/9/2004	07:00:00	85,0	5,5
24/9/2004	17:00:00	85,0	
25/9/2004	07:00:00	84,0	0,6
25/9/2004	17:00:00	85,0	
26/9/2004	07:00:00	85,0	1,7
26/9/2004	17:00:00	88,0	
27/9/2004	07:00:00	88,0	9,0
27/9/2004	17:00:00	84,0	
28/9/2004	07:00:00	87,0	22,7
28/9/2004	17:00:00	87,0	
29/9/2004	07:00:00	87,0	6,4
29/9/2004	17:00:00	87,0	
30/9/2004	07:00:00	87,0	0,0
30/9/2004	17:00:00	87,0	
1/10/2004	07:00:00	85,0	0,0
1/10/2004	17:00:00	85,0	
2/10/2004	07:00:00	85,0	0,0
2/10/2004	17:00:00	85,0	
3/10/2004	07:00:00	85,0	0,0
3/10/2004	17:00:00	85,0	
4/10/2004	07:00:00	85,0	0,0
4/10/2004	17:00:00	85,0	
5/10/2004	07:00:00	85,0	0,0
5/10/2004	17:00:00	84,0	
6/10/2004	07:00:00	84,0	0,0
6/10/2004	17:00:00	83,0	
7/10/2004	07:00:00	83,0	0,0
7/10/2004	17:00:00	83,0	
8/10/2004	07:00:00	82,0	0,0
8/10/2004	17:00:00	82,0	
9/10/2004	07:00:00	76,0	0,0
9/10/2004	17:00:00	82,0	
10/10/2004	07:00:00	82,0	16,5
10/10/2004	17:00:00	81,0	
11/10/2004	07:00:00	82,0	7,7
11/10/2004	17:00:00	82,0	
12/10/2004	07:00:00	82,0	0,0

12/10/2004	17:00:00	82,0	
13/10/2004	07:00:00	82,0	0,8
13/10/2004	17:00:00	83,0	
14/10/2004	07:00:00	83,0	15,5
14/10/2004	17:00:00	84,0	
15/10/2004	07:00:00	82,0	0,0
15/10/2004	17:00:00	83,0	
16/10/2004	07:00:00	83,0	0,0
16/10/2004	17:00:00	83,0	
17/10/2004	07:00:00	85,0	10,6
17/10/2004	17:00:00	84,0	
18/10/2004	07:00:00	84,0	0,0
18/10/2004	17:00:00	84,0	
19/10/2004	07:00:00	84,0	7,4
19/10/2004	17:00:00	84,0	
20/10/2004	07:00:00	82,0	0,0
20/10/2004	17:00:00	82,0	
21/10/2004	07:00:00	82,0	0,0
21/10/2004	17:00:00	82,0	
22/10/2004	07:00:00	82,0	0,2
22/10/2004	17:00:00	82,0	
23/10/2004	07:00:00	82,0	1,1
23/10/2004	17:00:00	82,0	
24/10/2004	07:00:00	82,0	15,1
24/10/2004	17:00:00	84,0	
25/10/2004	07:00:00	84,0	18,5
25/10/2004	17:00:00	84,0	
26/10/2004	07:00:00	84,0	3,0
26/10/2004	17:00:00	83,0	
27/10/2004	07:00:00	84,0	0,3
27/10/2004	17:00:00	84,0	
28/10/2004	07:00:00	84,0	0,0
28/10/2004	17:00:00	84,0	
29/10/2004	07:00:00	84,0	0,0
29/10/2004	17:00:00	84,0	
30/10/2004	07:00:00	84,0	0,0
30/10/2004	17:00:00	83,0	
31/10/2004	07:00:00	83,0	0,0
31/10/2004	17:00:00	83,0	

1/11/2004	07:00:00	83,0	18,2
1/11/2004	17:00:00	83,0	
2/11/2004	07:00:00	83,0	0,0
2/11/2004	17:00:00	83,0	
3/11/2004	07:00:00	82,0	0,0
3/11/2004	17:00:00	82,0	
4/11/2004	07:00:00	82,0	3,2
4/11/2004	17:00:00	82,0	
5/11/2004	07:00:00	80,0	0,0
5/11/2004	17:00:00	82,0	
6/11/2004	07:00:00	82,0	19,8
6/11/2004	17:00:00	82,0	
7/11/2004	07:00:00	82,0	0,0
7/11/2004	17:00:00	82,0	
8/11/2004	07:00:00	81,0	0,0
8/11/2004	17:00:00	81,0	
9/11/2004	07:00:00	81,0	3,9
9/11/2004	17:00:00	81,0	
10/11/2004	07:00:00	82,0	5,2
10/11/2004	17:00:00	82,0	
11/11/2004	07:00:00	82,0	17,2
11/11/2004	17:00:00	82,0	
12/11/2004	07:00:00	86,0	21,5
12/11/2004	17:00:00	86,0	
13/11/2004	07:00:00	86,0	0,0
13/11/2004	17:00:00	84,0	
14/11/2004	07:00:00	84,0	0,6
14/11/2004	17:00:00	82,0	
15/11/2004	07:00:00	82,0	0,2
15/11/2004	17:00:00	82,0	
16/11/2004	07:00:00	85,0	6,0
16/11/2004	17:00:00	85,0	
17/11/2004	07:00:00	85,0	1,1
17/11/2004	17:00:00	85,0	
18/11/2004	07:00:00	85,0	0,0
18/11/2004	17:00:00	86,0	
19/11/2004	07:00:00	86,0	0,0
19/11/2004	17:00:00	85,0	
20/11/2004	07:00:00	84,0	0,0

20/11/2004	17:00:00	83,0	
21/11/2004	07:00:00	83,0	0,0
21/11/2004	17:00:00	83,0	
22/11/2004	07:00:00	83,0	0,0
22/11/2004	17:00:00	82,0	
23/11/2004	07:00:00	82,0	0,0
23/11/2004	17:00:00	82,0	
24/11/2004	07:00:00	81,0	0,0
24/11/2004	17:00:00	82,0	
25/11/2004	07:00:00	82,0	0,0
25/11/2004	17:00:00	82,0	
26/11/2004	07:00:00	82,0	28,0
26/11/2004	17:00:00	82,0	
27/11/2004	07:00:00	82,0	0,0
27/11/2004	17:00:00	82,0	
28/11/2004	07:00:00	83,0	8,5
28/11/2004	17:00:00	85,0	
29/11/2004	07:00:00	85,0	14,5
29/11/2004	17:00:00	85,0	
30/11/2004	07:00:00	84,0	1,0
30/11/2004	17:00:00	84,0	
1/12/2004	07:00:00	84,0	0,0
1/12/2004	17:00:00	84,0	
2/12/2004	07:00:00	83,0	0,0
2/12/2004	17:00:00	83,0	
3/12/2004	07:00:00	82,0	0,2
3/12/2004	17:00:00	82,0	
4/12/2004	07:00:00	82,0	2,8
4/12/2004	17:00:00	83,0	
5/12/2004	07:00:00	82,0	0,0
5/12/2004	17:00:00	83,0	
6/12/2004	07:00:00	84,0	9,3
6/12/2004	17:00:00	83,0	
7/12/2004	07:00:00	83,0	4,0
7/12/2004	17:00:00	88,0	
8/12/2004	07:00:00	90,0	52,3
8/12/2004	17:00:00	92,0	
9/12/2004	07:00:00	92,0	8,8
9/12/2004	17:00:00	92,0	

10/12/2004	07:00:00	92,0	35,0
10/12/2004	17:00:00	98,0	
11/12/2004	07:00:00	100,0	28,5
11/12/2004	17:00:00	100,0	
12/12/2004	07:00:00	103,0	14,7
12/12/2004	17:00:00	103,0	
13/12/2004	07:00:00	102,0	0,3
13/12/2004	17:00:00	102,0	
14/12/2004	07:00:00	102,0	0,0
14/12/2004	17:00:00	102,0	
15/12/2004	07:00:00	102,0	0,0
15/12/2004	17:00:00	102,0	
16/12/2004	07:00:00	102,0	0,0
16/12/2004	17:00:00	102,0	
17/12/2004	07:00:00	103,0	0,9
17/12/2004	17:00:00	102,0	
18/12/2004	07:00:00	102,0	10,3
18/12/2004	17:00:00	101,0	
19/12/2004	07:00:00	102,0	0,0
19/12/2004	17:00:00	102,0	
20/12/2004	07:00:00	101,0	0,0
20/12/2004	17:00:00	101,0	
21/12/2004	07:00:00	102,0	0,2
21/12/2004	17:00:00	98,0	
22/12/2004	07:00:00	98,0	0,2
22/12/2004	17:00:00	98,0	
23/12/2004	07:00:00	98,0	1,3
23/12/2004	17:00:00	98,0	
24/12/2004	07:00:00	101,0	27,8
24/12/2004	17:00:00	101,0	
25/12/2004	07:00:00	101,0	5,6
25/12/2004	17:00:00	102,0	
26/12/2004	07:00:00	102,0	0,0
26/12/2004	17:00:00	103,0	
27/12/2004	07:00:00	103,0	0,0
27/12/2004	17:00:00	101,0	
28/12/2004	07:00:00	101,0	0,0
28/12/2004	17:00:00	101,0	
29/12/2004	07:00:00	101,0	0,0

29/12/2004	17:00:00	101,0	
30/12/2004	07:00:00	101,0	0,1
30/12/2004	17:00:00	102,0	
31/12/2004	07:00:00	102,0	0,0
31/12/2004	17:00:00	100,0	
1/1/2005	07:00:00	100,0	0,0
1/1/2005	17:00:00	99,0	
2/1/2005	07:00:00	98,0	0,0
2/1/2005	17:00:00	98,0	
3/1/2005	07:00:00	98,0	0,1
3/1/2005	17:00:00	98,0	
4/1/2005	07:00:00	99,0	1,2
4/1/2005	17:00:00	98,0	
5/1/2005	07:00:00	100,0	9,0
5/1/2005	17:00:00	100,0	
6/1/2005	07:00:00	100,0	2,7
6/1/2005	17:00:00	99,0	
7/1/2005	07:00:00	98,0	0,0
7/1/2005	17:00:00	99,0	
8/1/2005	07:00:00	99,0	0,0
8/1/2005	17:00:00	99,0	
9/1/2005	07:00:00	98,0	0,0
9/1/2005	17:00:00	98,0	
10/1/2005	07:00:00	97,0	0,0
10/1/2005	17:00:00	97,0	
11/1/2005	07:00:00	97,0	1,8
11/1/2005	17:00:00	97,0	
12/1/2005	07:00:00	97,0	0,0
12/1/2005	17:00:00	97,0	
13/1/2005	07:00:00	97,0	0,0
13/1/2005	17:00:00	96,0	
14/1/2005	07:00:00	95,0	0,0
14/1/2005	17:00:00	94,0	
15/1/2005	07:00:00	94,0	0,0
15/1/2005	17:00:00	92,0	